ELEKTROMETRISCHE MESSUNGEN HARTER RÖNTGENSTRAHLEN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT

HALLE-WITTENBERG

VORGELEGT VON

ALBIN HOFMANN

AUS MARKTREDWITZ (BAYERN).

HALLE a. S.
HOFBUCHDRUCKEREI VON C. A. KAEMMERER & CO.
1910.

Referent: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **E. Dorn.**

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548101_0097

Inhalt.

Seite

Einleitung. Gegenstand der Untersuchung 7

Die Apparate 8

Die Methoden und die Verwendung der Beobachtungen 10

Die Ergebnisse 20

I. Beziehung zwischen der Kienböck-Einheit und den entladenen Volt 20

1. Versuche in der Frauenklinik 20

2. Versuche im physikalischen Institut . . . 23

II. Absorption der Röntgenstrahlen 39

1. im Thorax und Abdomen eines Mannes . . 39

2. in einer knochenfreien Fleischschicht . . 41

3. in einer Wasserschicht 47

a) Versuche im physikalischen Institut . . 47

b) Versuche in der Frauenklinik 59

Zusammenstellung 63

Einleitung.

Gegenstand der Untersuchung.

Die hiesige Frauenklinik besitzt eine Röntgeneinrichtung nach Friedrich Dessauer,[1]) die es ermöglicht, harte Röntgenröhren mehrere Stunden am Tage in Betrieb zu halten, ohne dabei die Röhren zu überlasten. Wenn nun schon unter gewöhnlichen Umständen die Dosierung der Röntgenstrahlen nicht leicht ist, so ist vorauszusehen, dass die Schwierigkeiten für die Dessauersche Einrichtung noch erheblich wachsen werden. Dies bestätigte sich denn auch bei dem Dessauerschen Apparat der Frauenklinik Halle a. S.[2]) Die sonst üblichen Methoden der Strahlenmessung versagten hier fast völlig. Eine Ablesung der Benoist-Walter Skala, sowie des Wehneltschen Härtemessers war nur bei ausgeruhtem Auge möglich und dann noch äusserst individuell. Die Sabouraud-Pastillen änderten ihre Farbe nicht trotz einer Exposition von vielen Stunden. Ausgelegte Kienböck-Streifen zeigten erst nach mehrstündiger Bestrahlung unter gewöhnlichem Glase eine schwache Färbung. Unter Bleiglas konnte überhaupt keine merkliche Schwärzung der Streifen konstatiert werden.

Von Interesse war es auch zu wissen, ob und wieviel von den Strahlen durch die Patientinnen hindurchdringen resp. in der betreffenden Tiefe des Krankheitsherdes absorbiert werden. Auf Veranlassung und mit gütiger Unterstützung von Herrn Geheimrat Dorn unternahm ich es nun, durch

1) Bericht der deutschen phys. Ges. 1907, p. 49—60.

2) Münchener med. Wochenschrift 1909, No. 14.

elektrometrische Messungen einerseits eine Beziehung zwischen den Kienböck-Streifen und den Entladungen unseres Elektrometers herzustellen, andererseits die Frage der Absorption von Röntgenstrahlen im menschlichen Organismus zu beantworten.

Die Apparate.

Bei meinen Vorversuchen in der Frauenklinik bediente ich mich eines Apparates zur Untersuchung der Jonisation abgeschlossener Gasmengen nach Elster und Geitel. Die Grundplatte und das Elektrometer nebst Zerstreuungskörper wurden beibehalten, dagegen der überzustülpende Zylinder durch einen solchen mit starker Bleiumhüllung ersetzt und die Ladevorrichtung für das Elektrometer seitlich angebracht. Das obere Ende des Zylinders war offen, konnte aber durch Bleiringe mit verschieden grossen Öffnungen verschlossen werden. Die Öffnungen selbst waren mit 0,002 mm starkem Aluminium bedeckt. Zwei Fenster in der Wand des Zylinders ermöglichten die Ablesung des Elektrometers. Während der Versuche wurden die Fenster durch Bleistücke verhängt.

Dieses Instrument zeigte aber bei seinem Gebrauche den Mangel, dass sich das Elektrometer bei nur einigermassen kräftiger Bestrahlung bei späteren Versuchen zu rasch entlud.

Ich benutzte deshalb bei meinen weiteren Untersuchungen einen Apparat mit folgender Anordnung:

Ein Eisenteller T (Fig. 1), mit drei Fussschrauben versehen, trägt drei Säulen S, an deren oberem Ende der Teller R befestigt ist. Hierin ist das Rohr eingeschraubt, welches das Elektrometer trägt. In das obere Ende dieses Rohres ist ein Bernsteinkörper eingekittet, durch welchen ein Messingrohr führt, worauf die Scheibe Z gesteckt ist. Durch eine Spiralfeder wird der Kontakt dieses Messingrohres mit dem Blättchenträger hergestellt. Die Aufladung geschieht durch einen kurzen Stift F, welcher durch eine Öffnung des Rohres nach

aussen führt. Auf dem Teller R ist ein Bleimantel von 15 cm Höhe und 21 cm Durchmesser mit Hülfe kleiner metallener Schraubzwingen befestigt, der oben denselben Verschluss wie bei unserem ersten Apparat trägt. Um störende Einflüsse fernzuhalten, wurden während der Versuche Bleimäntel B um den unteren Teil des Apparates gelegt. Die Bernsteinisolation war bei diesem Apparate eine vorzügliche; ein Abfall der Blättchen konnte nach 5^{min} nicht konstatiert werden. Der ganze Apparat ist 40 cm hoch. Die Eichung des Elektroskopes wurde von mir mit Hülfe eines Rheostaten und Präzisionsvoltmeters durchgeführt. Die Kapazität des Apparates, mit Hülfe eines Harmsschen Kondensators bestimmt, betrug bei aufgesetztem Bleizylinder und aufgelegtem Bleiring 20,4 cm, die Kapazität des Elektrometers allein 14,9 cm. Die Spannungen, mit denen gearbeitet wurde, lagen zwischen 100 und 220 V. Das benutzte Elektrometer war mit einer parallaxenfreien Ablesung nach Elster und Geitel[1]) versehen.

Die von Herrn Dessauer zur Tiefenbestrahlung in der hiesigen Frauenklinik gegebene Röntgeneinrichtung ist kurz folgende: Jede volle Periode eines hochgespannten Wechselstromes wird durch passend geschaltete Ventilröhren halbiert und jeder der beiden Teile einer besonderen Röntgenröhre zugeführt. So entstehen harte, also durchdringende Strahlen, deren Härte durch eine vorgesetzte gewöhnliche Glasscheibe (früher Bleiglas) gesteigert wird. Der Abstand der Röhren von den Kranken wird gross gemacht, um die relativen Unterschiede der Entfernung bis zur Haut und der zu behandelnden Körperstelle herabzusetzen.

Um genauere Messungen in kürzerer Zeit zu erhalten, wurden dann die Hauptversuche im physikalischen Institut ausgeführt. Ich bediente mich hierbei folgender Schaltung (Fig 2): Durch 25—30 Akkumulatoren B wurde der Motor eines Turbinenunterbrechers Q in Betrieb gesetzt, dessen Tourenzahl durch den Vorschaltwiderstand W_1 reguliert und durch einen Tourenzahlmesser abgelesen werden konnte.

1) Göttinger Nachrichten 1902, p. 8.

Durch den Viernapf U konnte der Strom unterbrochen werden. Im primären Stromkreis befand sich ausser einem Amperemeter A_1 und einem Widerstand W_2 der Induktionsapparat J von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft für 60 cm Schlagweite mit veränderlicher Schaltung der 4 Teile der Primärrolle — benutzt wurden meist die 4 Teile in Reihe geschaltet — im sekundären eine bei allen Versuchen konstant (1 cm) gehaltene Funkenstrecke F_1, ein Milliamperemeter A_2 und die Röntgenröhre R.

Parallel dazu war eine in Centimetern abzulesende Funkenstrecke F_2, bestehend aus 7 mm dicken Messingstäben mit kugelförmig abgerundeten Enden, eingeschaltet, um die Schlagweite festzustellen und somit für die Härte eine Schätzung zu gewinnen. Zur genaueren Feststellung benutzte ich noch die Skala von Walter, sowie die von Benoist-Walter und den Wehneltschen Härtemesser. Bemerkt sei hier, dass bei exakten Messungen besonders bei Benoist-Walter 6 die Härteskalen allein nicht genügen, sondern stets die Funkenstrecke festzustellen ist. Die Röntgenröhre selbst wurde von einem von Siemens & Halske gelieferten Röntgenstativ getragen und konnte auf verschiedene Entfernung vom Elektrometer eingestellt werden. Während bei den Vorversuchen verschiedene Röhren benutzt wurden, wurde später ausschliesslich im physikalischen Institut eine von Siemens & Halske gelieferte Müller-Röhre mit Wasserkühlung, Tantalelektrode, Bleischutzkappe und verschiedenen Diaphragmen verwandt, um die Sekundärstrahlen möglichst zu beseitigen.

Die Methoden und die Verwendung der Beobachtungen.

Um eine Beziehung zwischen den Kienböck-Streifen und unserem Elektrometer herzustellen, wurden die ersten Versuche in der hiesigen Frauenklinik unternommen. Zu dem

Zwecke stellte ich den Apparat senkrecht unter der Antikathode in 55 cm Entfernung vom Bleiring des Elektrometers auf. Die Öffnung des aufgelegten Bleiringes betrug im Durchmesser 4 cm. Zwischen der Röhre und dem Elektrometer war eine 4,3 mm starke Glasplatte aufgehängt. Auf dem Bleiring wurde eine Reihe von Kienböck-Streifen in schwarzen Hülsen verschlossen nebeneinander ausgelegt und in angemessenen Zeiträumen entfernt. Die Streifen selbst entwickelte ich sodann in der Dunkelkammer nach vorgeschriebener Weise 30^{sec}, fixierte sie 1^{min} und verglich sie nach gründlicher Wasserspülung mit der Normalskala. Ein Versuch, eine Kienböck-Einheit zu erzielen, dauerte hierbei 12 Stunden. Der Gang der Untersuchung war folgender:

Nach Auslegung der Kienböck-Streifen wurde das Elektrometer vermittelst einer Zambonisäule negativ geladen. Die Ausschläge wurden auf der Skala abgelesen und darauf die Bleimäntel um das Elektrometer gelegt. Nach $^1/_4{}^{min}$ Bestrahlung wurde der Strom unterbrochen und der Spannungsverlust abgelesen. Dieses Verfahren wiederholte ich noch zweimal, nahm aus den 3 Versuchen das Mittel und berechnete den Spannungsverlust pro min. Sodann liess ich die Röhre 29^{min} 15^{sec} lang laufen, um genau $^1/_2$ Stunde Bestrahlungszeit zu erhalten. Nach Unterbrechung des Stromes wurde das Elektrometer von neuem geladen und dreimal nach je $^1/_4{}^{min}$ Bestrahlung abgelesen. Aus dem Mittel dieser Versuche und dem vorhergewonnenen nahm ich das Hauptmittel und berechnete daraus den Spannungsverlust der ersten halben Stunde. Nach 29^{min} 15^{sec} Bestrahlung wurde der Strom abermals unterbrochen und diesmal — also nach einstündiger Exposition — der erste Kienböck-Streifen entfernt. Dies Verfahren wurde 11 Stunden fortgesetzt, die Härte der Röhre dabei möglichst konstant gehalten und durch die Benoist-Skala, sowie durch den Wehneltschen Härtemesser öfters festgestellt; am Schaltbrett wurde das Volt- und Amperemeter abgelesen. Um ein Bild vom Verlauf eines solchen Versuches zu geben, sei ein Beobachtungsprotokoll mitgeteilt:

Frauenklinik. 4. Februar 09.
Unter gewöhnlicher Glasplatte.

Entfernung: Antikathode bis Bleiring des Elektrometers: 55 cm.

Benoist-Walter:	6	im Mittel nach halbstündiger Ablesung.
Wehnelt:	12—13	
Volt:	65—68	
Amp.:	2,1—2,2	

Ausgelegt wurden Kienböck-Streifen No. 10—21 und nach Ablauf jeder Stunde einer entfernt.

Zeit	Ausschlag links	Ausschlag rechts	Ausschlag Summe	Volt	Spannungsverlust in 15 sec	Mittel	Spannungsverlust in 1 min	Hauptmittel	Spannungsverlust in $^1/_2$ Std. resp. 1 Std.	No. des entfernten Kienböck-Streifens
Bei Beginn des Versuches	12,5	14,5	27,0	200,0	93,3	94,2	376,8	291,8	8 754	
	3,9	5,9	9,8	106,7						
	11,8	13,8	25,6	193,3	96,3					
	3,2	5,2	8,4	97,0						
	12,0	14,0	26,0	195,0	93,0					
	3,6	5,5	9,1	102,0						
Nach $^1/_2$ Std.	12,6	14,8	27,4	202,0	52,3	51,7	206,8	318,4	9 552	10
	7,4	9,5	16,9	149,7						
	13,1	14,1	27.2	201.1	51,1					
	7,5	9,5	17.0	150,0						
Nach 1 Std.	12,9	15,0	27,9	209,6	101,4	107,5	430,0	405,0	12 150	
	4,0	6,0	10,0	108,2						
	12,9	15,0	27,9	209,6	113,6					
	3,1	5,1	8,2	96,0						
Nach $1^1/_2$ Std.	13,5	15,5	29,0	209,4	89,2	95,0	380,0			
	4,9	6,9	11,8	120,2						
	13,8	14,9	28,7	208,0	100,8					
	4,0	5,9	9,9	107,2						

Zeit	Ausschlag links	Ausschlag rechts	Ausschlag Summe	Volt	Spannungsverlust in 15 sec	Mittel	Spannungsverlust in 1 min	Hauptmittel	Spannungsverlust in ½ Std. resp. 1 Std.	No. des entfernten Kienböck-Streifens
	13,0	15,1	28,1	205,4				361,8	10 854	
Nach	5,4	7,6	13,0	127,2	78,2					11
2 Std.	13,9	16,0	29,9	213,0		85,9	343,6			
	4,9	6,8	11,7	119,5	93,5					
								365,4	10 962	
	12,8	14,9	27,7	203,5						
Nach	4,2	6,1	10,3	110,1	93,4					
$2^1/_2$ Std.	13,1	15,3	28,4	206,9		96,8	387,2			
	3,9	4,9	9,8	106,7	100,2					
								401,0	12 030	
	14,0	15,9	29,9	213,0						
Nach	4,5	6,6	11,1	115,5	97,5					
3 Std.	13,6	15,6	29,2	210,3		103,7	414,8			12
	3,4	5,5	8,9	100,5	109,8					
								364,8	10 944	
	13,7	15,7	29,4	211,0						
Nach	6,8	7,8	14,6	136,5	74,5					
$3^1/_2$ Std.	12,8	14,9	27,7	203,5		78,7	314,8			
	5,0	6,9	11,9	120,7	82,8					
								308,6	9 258	
	13,2	15,3	28,5	207,2						
Nach	5,3	7,3	12,6	125,0	82,2					
4 Std.	13,0	15,0	28,0	205,0		75,6	302,4			13
	6,8	7,7	14,5	136,0	69,0					
								261,6	7 848	
	13,2	15,2	28,4	206,9						
Nach	7,7	9,8	17,5	152,7	54,2					
$4^1/_2$ Std.	13,2	15,2	28,4	206,9		55,2	220,8			
	7,5	9,6	17,1	150,8	56,1					
								258,4	7 752	
	13,6	15,6	29,2	210,3						
Nach	6,4	8,5	14,9	138,3	72,0					
5 Std.	13,3	15,3	28,6	207,9		74,0	296,0			14
	5,9	7,9	13,8	131,9	76,0					
								298,8	7 928	
	13,8	15,8	29,6	211,8						
Nach	6,4	8,5	14,9	138,3	73,5					
6 Std.	13,8	15,7	29,5	211,4		75,4	301,6			15
	6,1	8,1	14,2	134,1	77,3					
								291,4	8 742	

Zeit	Ausschlag links	Ausschlag rechts	Ausschlag Summe	Volt	Spannungsverlust in 15 sec	Mittel	Spannungsverlust in 1 min	Hauptmittel	Spannungsverlust in 1/4 Std. resp. 1 Std.	No. des entfernten Kienböck-Streifens
Nach $6^1/_2$ Std.	13,9	15,9	29,8	212,4	74,4	70,3	281,2	260,0	7 800	
	6,4	8,4	14,8	138,0						
	14,1	16,1	30,2	214,2	66,1					
	7,3	9,3	16,6	148,1						
Nach 7 Std.	13,9	16,0	29,9	213,0	59,7	59,7	238,8	222,2	6 666	16
	7,8	9,8	17,6	153,0						
	13,5	15,5	29,0	209,4	59,7					
	7,4	9,5	16,9	149,7						
Nach $7^1/_2$ Std.	13,6	15,6	29,2	210,3	50,1	51,4	205,6	221,6	6 648	
	8,5	10,5	19,0	160,2						
	13,1	15,1	28,2	205,9	52,6					
	7,8	9,8	17,6	153,3						
Nach 8 Std.	13,9	15,9	29,8	212,4	59,7	59,4	237,6	210,8	6 324	17
	7,8	9,7	17,5	152,7						
	13,9	15,9	29,8	212,4	59,1					
	7,8	9,8	17,6	153,3						
Nach $8^1/_2$ Std.	13,5	15,5	29,0	209,4	47,2	46,0	184,0	173,4	5 202	
	8,7	10,7	19,4	162,2						
	13,7	15,7	29,4	211,0	44,8					
	9,1	11,1	20,2	166,2						
	14,0	16,0	30,0	213,4	46,1					
	9,2	11,2	20,4	167,3						
Nach 9 Std.	13,1	15,1	28,2	205,9	40,7	40,7	162,8	179,2	5 376	18
	9,0	11,0	20,0	165,2						
Nach $9^1/_2$ Std.	9,1	11,1	20,2	166,2	48,9	48,9	195,6	164,6	4 938	
	4,7	6,7	11,4	117,3						
Nach 10 Std.	11,1	13,1	24,2	186,9	31,5	33,4	133,6	144,8	4 344	19
	8,0	10,0	18,0	155,4						
	8,0	10,0	18,0	155,4	35,2					
	4,9	6,9	11,8	120,2						

Zeit	Ausschlag links	Ausschlag rechts	Ausschlag Summe	Volt	Spannungsverlust in 15 sec	Mittel	Spannungsverlust in 1 min	Hauptmittel	Spannungsverlust in $^1/_2$ Std. resp. 1 Std.	No. des entfernten Kienböck-Streifens
	10,4	12,4	22,8	180,0						
					33,0					
Nach	7,2	9,2	16,4	147,0						
						39,0	156,0			
$10^1/_2$ Std.	7,2	9,2	16,4	147,0						
					45,0					
	3,6	5,5	9,1	102,0						
								155,6	4 668	
	13,7	15,7	29,4	211,0						
					35,8					
	9,9	12,0	21,9	175,2						
Nach	9,9	12,0	21,9	175,2						
					39,2	38,8	155,2			
11 Std.	6,3	8,2	14,5	136,0						20
	6,3	8,2	14,5	136,0						
					41,4					
	3,0	5,0	8,0	94,6						
								149,0	8 940	
	12,9	14,9	27,8	204,0						
					34,5					
	9,4	11,4	20,8	169,5						
Nach	9,4	11,4	20,8	169,5						
					37,2	35,7	142,8			
12 Std.	6,0	7,9	13,9	132,3						21
	6,0	7,9	13,9	132,3						
					35,3					
	3,3	5,1	8,4	97,0						

Die Entwicklung der Streifen ergab folgende Beziehung:

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungsverlust in Volt	Färbung in Kienböck
10	1	18 306	0—$^1/_4$
11	2	41 310	nicht ganz $^1/_4$
12	3	64 302	etwas über $^1/_4$
13	4	84 504	$^1/_4$—$^1/_2$
14	5	100 104	$^1/_2$
15	6	118 032	$^1/_2$—$^3/_4$
16	7	134 574	$^1/_2$—$^3/_4$
17	8	147 888	$^3/_4$
18	9	159 414	$^3/_4$—1
19	10	169 728	$^3/_4$—1
20	11	178 740	nahe 1
21	12	187 680	1

Mit den Stufen der Normalskala stimmen also am besten überein: No. 14, 17, 21.

No. 14:	$^1/_2$ K	=	100104 V.,	also	1 K	= 200208 V.
„ 17:	$^3/_4$ „	=	147888 „	„	1 „	= 197184 „
„ 21:					1 „	= 187680 „
	Somit erhält man im Mittel:				1 K	= 195024 V.

Bei der langen Versuchsdauer war es unmöglich, mittelharte Röhren auf ihrem Härtegrad zu halten. Dazu kamen bedeutende Schwankungen der Stromstärke, die oft die Röhren auf längere Zeit ausser Betrieb setzten. Eine exakte Messung war daher ausgeschlossen. Es empfahl sich, die Versuche auf kürzere Zeit zu reduzieren, um die genannten Fehlerquellen nach Möglichkeit zu vermeiden.

Dies gelang mit der auf Seite 9—10 geschilderten Versuchsanordnung im physikalischen Institut. Um bei der viel stärkeren Strahlenwirkung die Blättchen des Elektrometers ablesen zu können, musste ich einen Bleiring von nur 1 cm lichtem Durchmesser auflegen und schon nach 5^{sec} Bestrahlungszeit den Strom unterbrechen. Bei demselben Härtegrad erhielt ich unter einer Glasplatte von 5,5 mm Dicke in 35 cm Entfernung des Bleiringes von der Antikathode schon nach 10^{min} eine Kienböckeinheit. Dass diese Versuche somit viel grössere Genauigkeit beanspruchen können, liegt auf der Hand. Zum Vergleich sei auch hiervon ein Protokoll mitgeteilt:

Physikalisches Institut. 29. Juni 09.
Unter Glasplatte.

Entfernung des Bleiringes von der Antikathode: 35 cm.

Benoist-Walter:	6	bei Beginn und am Ende des Versuches abgelesen.
Walter:	6	
Ampere:	4,3	
Milliamp.:	0,67—0,70	

Tourenzahl des Turbinenunterbrechers 2000 pro min. Ausgelegt wurden Kienböck-Streifen No. 71—75.

Zeit	Ausschlag links	Ausschlag rechts	Ausschlag Summe	Volt	Spannungsverlust in 5 sec	Mittel	Hauptmittel	Spannungsverlust in 2 min resp. 1 min	No. des entfernten Kienböck-Streifens
Bei Beginn des Versuches	13,3	14,8	28,1	205,4	115,4	118,6	91,0	2 184,0	
	3,3	4,0	7,3	90,0					
	13,7	15,0	28,7	208,0	121,8				
	3,0	3,8	6,8	86,2					
Nach 2 min	13,6	14,8	28,4	206,9	56,9	63,3	72,2	1 732,8	71
	7,9	9,1	17,0	150,0					
	12,9	14,1	27,0	200,0	69,6				
	6,3	7,2	13,5	130,4					
Nach 4 min	13,8	15,0	28,8	208,5	80,5	81,0	86,8	1 041,6	72
	6,0	7,1	13,1	128,0					
	12,7	14,0	26,7	198,8	81,5				
	5,3	6,1	11,4	117,3					
Nach 5 min	13,8	14,9	28,7	208,0	83,5	92,5	95,4	1 144,8	
	5,9	6,6	12,5	124,5					
	13,3	14,8	28,1	205,4	101,4				
	4,3	5,1	9,4	104,0					
Nach 6 min	14,2	15,6	29,8	212,4	95,6	98,2	83,9	2 013,6	73
	5,2	6,1	11,3	116,8					
	13,1	14,3	27,4	202,0	100,8				
	4,1	4,9	9,0	101,2					
Nach 8 min	13,0	14,2	27,2	201,1	66,2	69,7	70,7	848,4	74
	6,9	7,4	14,3	134,9					
	13,2	14,6	27,8	204,0	73,2				
	6,3	7,3	13,6	130,8					
Nach 9 min	13,8	15,1	28,9	209,0	70,0	71,6	73,8	885,6	
	7,0	8,0	15,0	139,0					
	13,3	14,7	28,0	205,0	73,1				
	6,4	7,4	13,8	131,9					
Nach 10 min	13,7	15,0	28,7	208,0	75,0	75,9			75
	6,6	7,4	14,0	133,0					
	12,7	14,0	26,7	198,8	76,8				
	5,7	6,4	12,1	122,0					

Die Entwicklung der Kienböck-Streifen ergab dann folgende Beziehung:

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
71	2	2184	—	etwas über $^1/_4$
72	4	3917	1733	$^1/_2$
73	6	6103	2186	$^3/_4$
74	8	8117	2014	1
75	10	9851	1734	$1^1/_4$

Somit ergibt sich:

No. 72: $^1/_2$ K = 3917 V., also: 1 K = 7834 V.
„ 73: $^3/_4$ K = 6103 „ „ 1 „ = 8138 „
„ 74: 1 „ = 8117 „
„ 75: $1^1/_4$ K = 9851 „ „ 1 „ = 7881 „
Im Mittel: 1 K = 7992 V.

Um dieses Resultat mit unserem in der Frauenklinik vergleichen zu können, müssen wir es mit 16, der Verhältniszahl der Öffnungen der beiden aufgelegten Bleiringe multiplizieren. Es ergibt dies aber nur: 127875 Volt. Auf die Fehlerquellen habe ich schon aufmerksam gemacht. Dazu mag noch beigetragen haben, dass bei den Versuchen in der Klinik unser Entwickler einige Monate alt war.

Die so erhaltenen Werte sind nun graphisch dargestellt, die Kienböckeinheiten als Ordinaten, die dazu gehörigen Volt als Abscissen. (Fig. 10.) Die dadurch festgelegten Punkte liegen nahe auf einer Geraden. Diese Versuche wurden bei verschiedener Härte, Benoist-Walter: 4 bis 6 unter einer 5,5 cm starken Glasplatte, ferner unter einer Zusammenstellung von 4 kreisrunden Scheiben Ziegenleder[1]) (Durchmesser: 20 cm; Gewicht: 25,5 gr) und 6 Stück Stanniol von demselben

1) Vgl. Albers-Schönberg, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen, Bd. XIII, p. 163—167.

Durchmesser (Gewicht 26,0 gr), sowie ohne jedes weitere Zwischenmedium ausgeführt. Schliesslich wurden die Versuche noch dahin variiert, dass man ausserdem auf die ausgelegten Kienböckstreifen einen Glaszylinder setzte, dessen Boden von einer Schweinsblase geschlossen war. Dieses Gefäss füllte ich bis zu einer gewissen Höhe (1—10 cm) mit Wasser.

Um der zweiten Frage — Absorption der Röntgenstrahlen im menschlichen Organismus — näher zu treten, filtrierte ich die Strahlen bei denselben Härtegraden durch die oben erwähnten Medien und liess sie dann noch durch den Thorax und das Abdomen eines erwachsenen Mannes gehen. Hieraus lässt sich der Procentsatz der absorbierten Strahlen berechnen.

Das gleiche Verfahren schlug ich bei einer 9 cm dicken, knochenfreien Fleischschicht ein, die auf den Bleiring des Elektrometers aufgelegt wurde. Die durch die einzelnen Centimeter der Fleischschicht hindurchdringenden Strahlen berechnete ich unter Annahme eines exponentiellen Absorptionsgesetzes nach der Formel:

$$J_d = J_o \cdot e^{-\alpha d}$$

wobei d die betreffende Dicke des Fleisches in cm, α der Absorptionskoeffizient und J_o die ohne Auflegung des Fleisches entladene Strahlenmenge bedeutet.

Von Interesse war es, die so auf rechnerischem Wege gewonnenen Resultate experimentell nachzuprüfen. Da es unmöglich war, Fleischschichten von genau 1 bis 10 cm herzustellen, ersetzte ich das Fleisch durch eine entsprechend tiefe Wasserschicht. Ich benutzte dazu den schon oben erwähnten Glaszylinder, der auf zwei gegenüber liegenden Stellen geeicht war. Da das Fleisch aus ca. 80 % Wasser besteht, dürften die Resultate nicht allzusehr von den für Fleisch geltenden abweichen.

Die Ausführung eines Versuches war folgende: Der Glaszylinder wurde auf den Bleiring aufgesetzt und die ohne

dazwischen gebrachte Wasserschicht im Mittel aus mehreren Versuchen pro min entladenen Volt am Elektrometer festgestellt. Dann goss ich eine 1 cm tiefe Wasserschicht auf und ermittelte wieder die pro min hindurchdringenden Strahlen; analog für eine Tiefe von 2, 4 und 6 cm und rückwärts von 4, 2, 1 und 0 cm, schliesslich noch für 6, 8, 10 und 0 cm. Aus diesen Resultaten nahm ich das Mittel und konnte so die in den einzelnen Wasserschichten absorbierten und hindurchdringenden Strahlen berechnen.

Trägt man die betreffende Wasserschicht als Abscisse, als Ordinate die dazugehörige in $^0/_0$ ausgedrückte, nicht absorbierte Strahlenmenge auf, so erhält man Kurven, die der Exponentialkurve sehr ähnlich sind. Um ihre Abweichung von ihr festzustellen, berechnete ich das zu jedem einzelnen Centimeter gehörige α nach der oben erwähnten Formel und konnte so die schon von Guilleminot[1]) konstatierte Tatsache bestätigen, dass eine Annäherung an die Exponentialkurve mit zunehmender Härte der Röhre stattfindet.

Abgesehen von den verschiedenen Härtegraden, wurden auch diese Versuche unter der schon früher erwähnten Glasplatte und der Zusammenstellung von Ziegenleder und Stanniol ausgeführt und zum Teil in der Frauenklinik nachgeprüft.

Die Ergebnisse.

I. Beziehung zwischen der Kienböckeinheit und den entladenen Volt.

1. Versuche in der Frauenklinik.

Ausser dem auf Seite 12—16 ausführlich geschilderten Versuch wurde unter der 4,3 mm starken Glasplatte noch ein elfstündiger ausgeführt.

1) C. R 148, p. 186—188 u. 147 p. 1425—1428.

Die Entfernung des Bleiringes des Elektrometers bis zur Antikathode betrug: 50 cm.

Benoist-Walter: 6
Wehnelt: 10
60—68 V.

} im Mittel nach halbstündiger Ablesung

Bei Beginn des Versuches wurde am Amperemeter: 5,0 A. abgelesen; die Stromstärke sank im Laufe der Versuchszeit herab bis auf 2,0 Amp. Exponiert wurden die Streifen No. 1—9. Es ergaben sich nach Entwicklung der Streifen folgende Beziehungen:

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungsverlust in Volt	Färbung in Kienböck
1	1	23 784	0—1/4
2	2		0—1/4
3	3	28 794	1/4
4	4	40 191	1/4—1/2
5	5	59 919	1/4—1/2
6	6	76 611	1/2
7	7	92 541	1/2—3/4
8	9	121 260	3/4
9	11	147 668	beinahe 1

Die Röhren leuchteten in den ersten drei Stunden nicht konstant auf; es traten vielmehr so starke Schwankungen ein, dass innerhalb dieser Zeit eine präzise Beobachtung unmöglich war. Erst nachdem neue Röhren eingelegt waren, konnten die Versuche weiter geführt werden. Zur Berechnung sind deshalb die in den ersten drei Stunden erhaltenen Werte unbrauchbar. Wir benutzen daher nur die Differenz zwischen den Streifen No. 6 und 3 und No. 9 und 3. Danach ergibt sich:

1/4 K = 76611—28794 V. = 47817 V., also 1 K = 191268 V.
1/2 „ = 121260—28794 „ = 92466 „ „ 1 „ = 184932 „
Im Mittel: 1 K = 188100 V.

Früher hatten wir in guter Übereinstimmung damit: 1 K = 195024 gefunden; wir können also rund 1 K = 190000 Volt einschätzen. Dieselben Versuche wurden nun auch unter einer 3,7 mm dicken

Bleiglasplatte

ausgeführt.

Da der erste elfstündige Versuch zu keiner Färbung der Streifen führte, wurde an 4 aufeinanderfolgenden Tagen eine im Ganzen 32stündige Bestrahlung angestellt. Aber auch diese lange Exposition konnte keine merkliche Schwärzung erzielen. Anbei folgen die daraus resultierenden Tabellen:

Entfernung: Bleiring bis Antikathode: 55 cm.

Benoist-Walter:	6	im Mittel nach halbstündiger Ablesung.
Wehnelt:	11—12	
Volt:	66—67	
Amp.:	1,5—1,8	

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
	1	1 038		
	3	2 859	1 821	
	5	3 988	1 129	
	7	5 293	1 305	
	9	6 784	1 491	
	10	7 489	705	
22 u. 23	11	7 861	372	0

Bei dem 32stündigen Versuche war die Entfernung des Apparates von der Antikathode und die Härte der Röhre dieselbe.

Amp.:	1,5—1,9	nach halbstündiger Ablesung.
Volt:	65—70	

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungs-verlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
	5	1 203		
	10	3 084	1 881	
	15	5 715	2 631	
	20	9 216	3 501	
	25	12 690	3 474	
	30	16 407	3 717	
24	32	18 735	2 328	0

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass hinter Bleiglas die Strahlen äusserst schwach sind. Zum Filtrieren sind daher Bleiglasplatten zu stark absorbierend, es empfiehlt sich, gewöhnliche Glasplatten zu verwenden.

2. Versuche im physikalischen Institut.

Je nach der Härte der Röhre und dem absorbierenden Zwischenmedium nahmen hier die Versuche 6—60 Minuten in Anspruch. Der Abstand der Antikathode von dem auf das Elektrometer aufgelegten Bleiring betrug bei allen Versuchen 35 cm; die Öffnung des Bleiringes im Durchmesser 1 cm. Die Tourenzahl des Turbinenunterbrechers wurde möglichst konstant gehalten und bei Beginn und am Ende des Versuches abgelesen, desgleichen das Amperemeter, Milliamperemeter, die Härte und Schlagweite. Ich gebe zuerst die Resultate an, die sich bei verschiedener Härte

ohne absorbierendes Zwischenmedium

ergaben.

Benoist-Walter: 4; Milliamp.: 0,70
Walter: 4; Amp.: 2,6—2,8
Schlagweite der Funkenstrecke F_2 (Fig. 2) vgl. Seite 10: 7 cm; Fig. 3.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
25	1	713		0—1/4
26	2	1 450	737	1/4—1/2
27	3	2 209	759	etwas über 1/2
28	4	2 944	735	3/4
29	5	3 670	726	3/4—1
30	5 1/2	4 033	363	beinahe 1

Am besten stimmt mit der Kienböckskala Streifen No. 28 überein:

No. 28: 3/4 K = 2944 V., also 1 K = 3925 V.

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,70
Walter: 5; Amp.: 3,9—4,0
Schlagweite: 12 cm; Fig. 4.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
31	1	1 034		1/4
32	2	2 087	1 053	1/2
33	3	3 123	1 036	3/4
34	4	4 151	1 028	1
35	5	5 194	1 043	1 1/4
36	6	6 216	1 022	1 1/4—1 1/2
37	7	7 223	1 007	1 1/2—2

Somit ergibt sich:

No. 31: 1/4 K = 1034 V., also 1 K = 4136 V.
„ 32: 1/2 „ = 2087 „ „ 1 „ = 4174 „
„ 33: 3/4 „ = 3123 „ „ 1 K = 4164 „

No. 34: 1 K = 4151 V.
„ 35: $1^1/_4$ K = 5194 V., also 1 „ = 4155 „
Im Mittel: 1 K = 4156 V.

Benoist-Walter: 5—6; Milliamp.: 0,70
Walter: 6 ; Amp.: 3,8
Schlagweite: 15 cm.; Fig. 5.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
38	1	1 315		etwas über $^1/_4$
39	2	2 622	1 307	beinahe $^3/_4$
40	3	3 931	1 309	beinahe 1
41	4	5 261	1 330	$1^1/_4$
42	5	6 593	1 332	$1^1/_2$
43	6	7 914	1 321	$1^1/_2$—2
44	7	9 239	1 325	2

Also:
No. 41: $1^1/_4$ K = 5261 V., also 1 K = 4209 V.
„ 42: $1^1/_2$ „ = 6593 „ „ 1 „ = 4395 „
„ 44: 2 „ = 9239 „ „ 1 „ = 4619 „
Im Mittel: 1 K = 4408 V.

Benoist-Walter: 6; Milliamp.: 0,68—0,70
Walter: 6; Amp.: 4,6—4,7
Schlagweite: 17—18 cm; Fig. 6.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
45	1	1 791		beinahe $^1/_2$
46	2	3 557	1 766	beinahe 1
47	3	5 285	1 728	$1^1/_4$
48	4	7 002	1 717	etwas über $1^1/_2$
49	5	8 657	1 655	2
50	6	10 269	1 612	$2^1/_2$
51	7	11 898	1 629	

Es ergibt sich somit:

No. 47: $1^1/_4$ K = 5285 V., also 1 K = 4228 V.
„ 49: 2 „ = 8657 „ „ 1 „ = 4329 „
„ 50: $2^1/_2$ „ = 10269 „ „ 1 „ = 4108 „
„ 51: 3 „ = 11898 „ „ 1 „ = 3966 „
Im Mittel: 1 K = 4158 V.

Die Ergebnisse zeigen, dass die der Kienböckeinheit äquivalente Voltzahl innerhalb der hier innegehaltenen Grenzen unabhängig von dem Härtegrad der Röhre ist. Nehmen wir aus den gewonnenen Resultaten das Mittel, so ergibt sich:

1 K = 4162 V.

Die graphische Darstellung der vier Tabellen, die Kienböckeinheiten als Ordinaten, die dazu gehörigen Spannungsverluste als Abscissen, ist in Fig. 3—6 gegeben. Die Werte liegen angenähert auf einer Geraden.

Dieselben Versuche wurden nun

unter einer 5,5 mm starken Glasplatte

ausgeführt.

Wie zu erwarten, ist bei der Absorption der weicheren, chemisch wirksameren Strahlen die einer Kienböckeinheit entsprechende Voltzahl eine grössere. Die Versuche dauerten daher erheblich länger.

Benoist-Walter: 4; Milliamp.: 0,70
Walter: 4; Amp.: 2,6—2,8
Schlagweite: 7 cm; Fig. 7.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
52	10	1 065	—	$0-^1/_4$
53	20	1 809	744	beinahe $^1/_4$
54	33	2 928	1 119	$^1/_4-^1/_2$
55	46	4 499	1 571	etwas über $^1/_2$
56	59	6 410	1 911	etwas über $^3/_4$
57	69	8 054	1 644	1
58	82	10 340	2 286	etwas über $1^1/_4$

Also Nr. 57: 1 K = 8054 V.

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,70
Walter: 5; Amp.: 3,2—3,4
Schlagweite: 10 cm; Fig. 8.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
59	8	1 690	—	beinahe $^1/_4$
60	16	2 746	1 056	etwas über $^1/_4$
61	24	3 797	1 051	beinahe $^1/_2$
62	34	5 195	1 398	$^1/_2$—$^3/_4$
63	41	6 207	1 012	$^3/_4$
64	54	8 196	1 989	1

Aus den Streifen No. 63 und 64 erhält man:

No. 63: $^3/_4$ K = 6207 V.; also 1 K = 8276 V.
„ 64: 1 „ = 8196 „
Im Mittel: 1 K = 8236 V.

Bei demselben Härtegrad liegt noch ein Versuch vor:

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,70
Walter: 5; Amp.: 3,5
Schlagweite: 10 cm; Fig. 9.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
65	5	1 578	—	0—$^1/_4$
66	10	2 604	1 026	etwas über $^1/_4$
67	15	3 546	942	beinahe $^1/_2$
68	25	5 376	1 830	beinahe $^3/_4$
69	35	7 266	1 890	beinahe 1
70	40	8 331	1 065	1

Daher: 1 K = 8331 V.

Der Ubersicht halber sei auch die Tabelle des auf Seite 16—18 ausführlich beschriebenen Versuches wiedergegeben:

Benoist-Walter: 6; Milliamp.: 0,67—0,70
Walter: 6; Amp.: 4,1—4,3
Schlagweite: 19 cm; Fig. 10.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
71	2	2 184	—	etwas über $^1/_4$
72	4	3 917	1 733	$^1/_2$
73	6	6 103	2 186	$^3/_4$
74	8	8 117	2 014	1
75	10	9 851	1 734	$1^1/_4$

Daraus folgt:

No. 72: $^1/_2$ K = 3917 V., also 1 K = 7834 V.
„ 73: $^3/_4$ „ = 6103 „ „ 1 „ = 8137 „
„ 74: „ 1 „ = 8117 „
„ 75: $1^1/_4$ „ = 9851 „ „ 1 „ = 7880 „
Im Mittel: 1 K = 7992 V.

Berechnen wir aus diesen vier Versuchen das Hauptmittel, so ergibt sich:

1 K = 8153 V.

Auch hier können wir die Tatsache konstatieren, dass die einer Kienböckeinheit äquivalente Voltzahl unter Glas konstant ist und ungefähr doppelt so gross wie die ohne absorb. Mittel. Die graphische Darstellung der Tabellen zeigen Fig. 7—10. Schliesslich wurden die Versuche ausgeführt

unter 4 Stück Ziegenleder und 6 Stück Stanniol.

Die einer Kienböckeinheit entsprechende Voltzahl wird hier zwischen der unter gewöhnlicher Glasplatte und der ohne absorbierendes Zwischenmedium liegen, da unsere Zu-

sammenstellung für Röntgenstrahlen durchlässiger als die Glasplatte ist.

Dies bestätigen auch die nachfolgenden Tabellen:

Benoist-Walter: 4; Milliamp.: 0,70
Walter: 4; Amp.: 3,4—3,5
Schlagweite: 7—8 cm; Fig. 11.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
76	5	1 343	—	beinahe $^1/_4$
77	10	2 663	1 320	beinahe $^1/_2$
78	15	3 965	1 302	etwas über $^1/_2$
79	20	5 301	1 336	etwas über $^3/_4$
80	25	6 645	1 344	1
81	30	7 977	1 332	beinahe $1^1/_4$
82	35	9 309	1 332	$1^1/_2$

Somit ergibt sich:

No. 80: 1 K = 6645 V.
„ 82: $1^1/_2$ K = 9309 V., also 1 „ = 6206 „
Im Mittel: 1 K = 6426 V.

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,70
Walter: 5; Amp.: 3,4—3,6
Schlagweite: 9 cm; Fig. 12.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
83	4	1 386	—	beinahe $^1/_4$
84	8	2 578	1 192	$^1/_4$—$^1/_2$
85	12	3 732	1 154	etwas über $^1/_2$
86	16	4 879	1 147	$^3/_4$
87	20	6 054	1 175	1
88	23	6 920	866	1—$1^1/_4$

No. 86: $^3/_4$ K = 4879 V., also 1 K = 6505 V.
„ 87: „ 1 „ = 6054 „
Im Mittel: 1 K = 6280 V.

Eine Wiederholung dieses Versuches ergab:

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,70
Walter: 5; Amp.: 3,3—3,4
Schlagweite: 9—10 cm; Fig. 13.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
89	4	1 467	—	beinahe $^1/_4$
90	8	2 754	1 287	beinahe $^1/_2$
91	12	3 922	1 168	$^1/_2$—$^3/_4$
92	16	4 997	1 075	$^3/_4$
93	20	6 068	1 071	1
94	24	7 144	1 076	$1^1/_4$

No. 92: $^3/_4$ K = 4997 V., also 1 K = 6663 V.
„ 93: „ 1 K = 6068 „
„ 94: $1^1/_4$ „ = 7144 „ „ 1 „ = 5715 „
Im Mittel: 1 K = 6149 V.

Benoist-Walter: 6; Milliamp.: 0,65—0,70
Walter: 6; Amp.: 3,7—3,9
Schlagweite: 16 cm; Fig. 14.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
95	2	1 762	—	über $^1/_4$
96	4	3 635	1 873	etwas über $^1/_2$
97	6	5 471	1 836	etwas über $^3/_4$
98	$6^1/_2$	6 347	876	1
99	8	7 706	1 359	etwas über 1
100	9	8 979	1 273	beinahe $1^1/_2$

Also:

$$1\ K = 6347\ V.$$

Schliesslich wurde ein Versuch bei sehr grosser Härte angestellt, wie aus der Funkenstrecke zu ersehen ist:

Benoist-Walter: 6 ; Milliamp.: 0,60—0,70
Walter: 6—7; Amp.: 3,9
Schlagweite: 22—23 cm; Fig. 15.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
101	1	2 048	—	über $^1/_4$
102	$1^1/_2$	3 058	1 010	$^1/_2$
103	2	4 085	1 027	$^1/_2$—$^3/_4$
104	$2^1/_2$	5 113	1 028	$^3/_4$
105	3	6 122	1 009	1
106	$3^1/_2$	7 107	985	beinahe $1^1/_4$

No. 102: $^1/_2$ K = 3058 V., also 1 K = 6116 V.
„ 104: $^3/_4$ „ = 5113 „ „ 1 „ = 6817 „
„ 105: 1 „ = 6122 „
Im Mittel: 1 K = 6352 V.

Das Hauptmittel aus allen Versuchen ergibt:

$$1\ K = 6301\ V.$$

und liegt beinahe genau in der Mitte zwischen den beiden ohne Zwischenmedium und unter Glas gewonnenen Zahlenwerten.

Auch hier entspricht einer Kienböckeinheit stets dieselbe Voltzahl. Die gewonnenen Werte liegen daher auf einer Geraden, wie Fig. 11—15 veranschaulichen.

Wir gelangen somit zu folgendem interessanten Ergebnis:

„Die einer Kienböckeinheit entsprechende Voltzahl des Elektrometers ist innerhalb der Grenzen der Versuche un-

abhängig vom Härtegrad der Röhre und nur abhängig von dem absorbierenden Zwischenmedium."

Damit ist aber die Grundlage zu einer in vieler Hinsicht praktischen Messmethode gegeben:

Kennt man den einer Kienböckeinheit entsprechenden Spannungsverlust eines Elektrometers unter einem bestimmten absorbierenden Medium, so kann man mit Leichtigkeit aus den Ausschlägen des Elektrometers die Zeit berechnen, die nötig ist, um unter diesem Medium eine Kienböckeinheit zu erzielen. Diese Methode hat vor der photographischen Methode grosse Vorteile:

1. Sie unterrichtet den behandelnden Arzt in kürzerer Zeit über die erteilte Dosis, als dies mit den Kienböckstreifen möglich ist.

2. Sie ist unabhängig von dem der Veränderung unterworfenen Entwickler.

3. Sie ist unabhängig von der Belastung der Röhre: Sie versagt nicht bei schwachen Strömen, wo eine Färbung der Streifen erst nach mehrstündiger Exposition eintritt, noch bei starken Strömen, wo eine zu dunkle Färbung der Streifen einen Vergleich mit der Normalskala erschwert, wenn nicht unmöglich macht.

Um zu zeigen, dass die einer Kienböckeinheit äquivalente Voltzahl mit dem absorbierenden Zwischenmedium zunimmt, setzte ich auf den Bleiring unseres Elektrometers den oben beschriebenen Glaszylinder auf und füllte ihn der Reihe nach mit verschieden tiefen Wasserschichten an. Die Kienböckstreifen befanden sich durch Löschpapier vor Feuchtigkeit geschützt unter dem Zylinder. Die Härte betrug bei allen Versuchen:

Benoist-Walter: 6; Milliamp.: 0,70
Walter: 6; Amp.: 4,5—5,1
Schlagweite: 17—18 cm.

Unter 1 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
107	1	1 454	—	etwas über $^1/_4$
108	2	2 920	1 466	$^1/_2$—$^3/_4$
109	3	4 368	1 448	beinahe 1
110	4	5 833	1 465	$1^1/_4$
111	5	7 312	1 479	$1^1/_2$
112	6	8 791	1 479	$1^1/_2$—2
113	7	10 276	1 485	2

Daraus folgt:

No. 110: $1^1/_4$ K = 5833 V., also 1 K = 4666 V.
„ 111: $1^1/_2$ „ = 7312 „ „ 1 „ = 4874 „
„ 113: 2 „ = 10276 „ „ 1 „ = 5138 „
Im Mittel: 1 K = 4893 V.

Unter 2 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
114	1	1 420	—	$^1/_4$
115	2	2 867	1 447	$^1/_2$
116	3	4 302	1 435	etwas über $^3/_4$
117	4	5 693	1 391	1
118	5	7 057	1 364	$1^1/_4$
119	6	8 438	1 381	$1^1/_2$
120	7	9 835	1 397	$1^1/_2$—2

No. 114: $^1/_4$ K = 1420 V., also 1 K = 5680 V.
„ 115: $^1/_2$ „ = 2867 „ „ 1 „ = 5734 „
„ 117: „ 1 „ = 5693 „
„ 118: $1^1/_4$ „ = 7057 „ „ 1 „ = 5646 „
„ 119: $1^1/_2$ „ = 8438 „ „ 1 „ = 5625 „
Im Mittel: 1 K = 5676 V.

Unter 4 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
121	1	1 172	—	beinahe $^1/_4$
122	2	2 364	1 192	etwas über $^1/_4$
123	3	3 540	1 176	$^1/_2$
124	4	4 680	1 140	$^1/_2$—$^3/_4$
125	5	5 819	1 139	etwas über $^3/_4$
126	6	6 947	1 128	1
127	7	8 066	1 119	$1^1/_4$

No. 123: $^1/_2$ K = 3540 V., also 1 K = 7080 V.
„ 126: „ 1 „ = 6947 „
„ 127: $1^1/_4$ „ = 8066 „ „ 1 „ = 6453 „
Im Mittel: 1 K = 6827 V.

Unter 6 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
128	1	941	—	beinahe $^1/_4$
129	2	1 907	966	etwas über $^1/_4$
130	3	2 812	905	beinahe $^1/_2$
131	4	3 671	859	$^1/_2$
132	5	4 520	849	$^1/_2$—$^3/_4$
133	6	5 400	880	$^3/_4$
134	7	6 286	886	$^3/_4$—1

No. 131: $^1/_2$ K = 3671 V., also 1 K = 7342 V.
„ 133: $^3/_4$ „ = 5400 „ „ 1 „ = 7200 „
Im Mittel: 1 K = 7271 V.

Unter 8 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
135	1	678	—	0 $^1/_4$
136	2	1 348	670	beinahe $^1/_4$
137	3	1 978	630	$^1/_4$
138	4	2 547	569	$^1/_4$–$^1/_2$
139	5	3 166	619	beinahe $^1/_2$
140	6	3 798	632	$^1/_2$
141	7	4 445	649	etwas über $^1/_2$

No. 137: $^1/_4$ K = 1978 V., also 1 K = 7912 V.
„ 140: $^1/_2$ „ = 3798 „ „ 1 „ = 7596 „
Im Mittel: 1 K = 7754 V.

Unter 10 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
142	1	505	—	0–$^1/_4$
143	2	1 006	501	0–$^1/_4$
144	3	1 498	492	beinahe $^1/_4$
145	4	1 966	468	$^1/_4$
146	5	2 425	459	etwas über $^1/_4$
147	6	2 870	445	$^1/_4$–$^1/_2$
148	7	3 310	440	beinahe $^1/_2$

No. 145: $^1/_4$ K = 1966 V., also 1 K = 7864 V.

Vergleichen wir die Ergebnisse dieser Tabellen, so sehen wir, dass die einer Kienböckeinheit entsprechende Voltzahl in den ersten Centimetern rasch steigt, später beinahe konstant bleibt. Diese Versuche wurden mit weicheren Röhren wiederholt:

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,70
Walter: 5; Amp.: 3,1—3,6
Schlagweite: 11 cm.

Unter 1 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
149	2	1 830		beinahe $^1/_2$
150	4	3 492	1 662	$^3/_4$
151	7	5 632	2 140	$1—1^1/_4$

No. 150: $^3/_4$ K = 3492 V., also 1 K = 4656 V.
in guter Übereinstimmung mit dem entsprechenden bei Benoist-Walter 6.

Unter 4 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
152	2	619		$0—^1/_4$
153	4	1 261	642	beinahe $^1/_4$
154	7	2 179	918	$^1/_4—^1/_2$

Mit der Kienböckskala stimmt kein Wert genau überein; doch ist aus der Tabelle ersichtlich, dass die einer Kienböckeinheit entsprechende Voltzahl bei ca. 6000—7000 V. liegt.

Unter 6 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
155	3	568		$0—^1/_4$
156	5	1 003	435	$0—^1/_4$
157	7	1 454	451	beinahe $^1/_4$

Unter 8 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungs-verlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
158	3	479		0—1/4
159	5	772	293	0—1/4
160	7	1 062	290	beinahe 1/4

Jedenfalls steigt auch hier die Strahlenmenge in Volt im Verhältnis zu der Kienböckeinheit. Schliesslich wurden diese Versuche angestellt bei:

Benoist-Walter: 4; Milliamp.: 0,70
Walter: 4; Amp.: 3,0—3,1
Schlagweite: 7 cm.

Unter 1 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungs-verlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
	2	922		
	4	1 831	909	
161	6	2 764	933	etwas über 1/2
	8	3 660	896	
162	10	4 510	850	beinahe 1
	12	5 346	836	
163	14	6 241	895	1—1 1/4

Aus No. 162 können wir schliessen, dass 1 K. ca. 5000 V. entspricht.

Unter 4 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungs-verlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
	2	374		
164	6	1 150	776	0--1/4
165	10	1 903	753	etwas über 1/4
166	14	2 640	737	beinahe 1/2

Somit entspricht 1 K ca. 6000—6500 V.

Es wurden nun die Versuche noch dahin variiert, daß ich auf den Cylinder die Glasplatte auflegte. Es zeigte sich hierbei, dass diesmal die einer Kienböckeinheit äquivalente Voltzahl nicht mit zunehmender Wasserschicht stieg, sondern konstant blieb. Sie entsprach der ohne Wasserschicht nur unter unserer Glasplatte erhaltenen.

Benoist-Walter: 6; Milliamp.: 0,70
Walter: 6; Amp.: 4,1
Schlagweite: 17—18 cm.

Unter Glasplatte und 1 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
167	2	1 370		beinahe $^1/_4$
168	4	2 647	1 277	$^1/_4$—$^1/_2$
169	6	3 785	1 138	$^1/_2$
170	8	4 886	1 101	beinahe $^3/_4$
171	10	5 940	1 054	über $^3/_4$

No. 169: $^1/_2$ K = 3785 V., also 1 K = 7570 V.

Unter Glasplatte und 4 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
172	2	1 161		0—$^1/_4$
173	4	2 174	1 013	etwas über $^1/_4$
174	6	3 052	878	$^1/_4$—$^1/_2$
175	8	3 821	769	$^1/_2$
176	10	4 624	803	$^1/_2$—$^3/_4$

No. 175: $^1/_2$ K = 3821 V., also 1 K = 7642 V.

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,70
Walter: 5; Amp.: 3,1—3,6
Schlagweite: 9—10 cm.

Unter Glasplatte und 1 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Minuten	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
	10	1 842		
177	25	3 750	1 908	beinahe $^1/_2$
178	35	5 064	1 314	$^1/_2$—$^3/_4$
179	40	5 814	750	$^3/_4$

No. 179: $^3/_4$ K = 5814 V., also 1 K = 7752 V.

Unter Glasplatte und 4 cm Wasserschicht.

No. des Streifens	Exposition in Stunden	Spannungsverlust in Volt	Differenz	Färbung in Kienböck
	10	852		
180	25	1 644	792	beinahe $^1/_4$
181	35	2 328	684	etwas über $^1/_4$
182	40	2 730	402	$^1/_4$—$^1/_2$

Aus No. 180 und No. 181 erkennt man, dass 1 K ca. 8000 V. entspricht.

Um die Röhre nicht zu überanstrengen, wurden die Versuche wegen der langen Versuchsdauer bei grösseren Wasserschichten und geringerer Härte nicht angestellt.

II. Absorption der Röntgenstrahlen.

Im menschlichen Organismus.

Zuerst wurde die Frage der Absorption im

1. Thorax und Abdomen

eines erwachsenen Mannes beantwortet. Hierbei unterstützte mich in dankenswerter Weise Herr cand. math. Max Wünsch. Die Versuche fanden im physikalischen Institute statt. Die Entfernung der Antikathode vom Bleiring betrug 68 cm bei allen Versuchen, der Durchmesser der Öffnung des Bleiringes 4 cm.

Es ergaben sich folgende Tabellen:

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Benoist-Walter	Walter	Schlagweite in cm	Nicht absorbierte Strahlenmenge im:	
			Thorax %	Abdomen %
4	4	6–7	1,9	1,2
5	5	9	2,3	1,5
6	6	14–15	8,1	4,0

Unter 4 Stück Ziegenleder und 6 Stück Stanniol.

Benoist-Walter	Walter	Schlagweite in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Von den durch Ziegenleder und Stanniol hindurchgedrungenen Strahlen gehen durch:		Nicht absorbierte Gesamtstrahlen im:	
				Thorax %	Abdomen %	Thorax %	Abdomen %
4	4	6–7	26,7	1,8	0,6	0,5	0,2
5	5	9	30,3	3,0	2,0	0,9	0,6
6	6	14–15	47,9	12,2	7,1	5,8	3,4

Unter Glasplatte von 5,5 mm Dicke.

Benoist-Walter	Walter	Schlagweite in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Von den durch Glas hindurchgedrungenen Strahlen gehen durch:		Nicht absorbierte Gesamtstrahlen im:	
				Thorax %	Abdomen %	Thorax %	Abdomen %
4	4	6–7	9,2	5,8	1,7	0,5	0,2
5	5	9	20,4	6,8	4,0	1,4	0,8
6	6	14–15	36,4	20,2	9,6	7,4	3,5

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass sich zur Tiefenbestrahlung am besten Härte: Benoist-Walter 6 eignet. Der Unterschied zwischen dem Procentsatz der durch den Thorax und das Abdomen hindurchgedrungenen Strahlen wird erklärlich

durch die Erwägung, dass die mit Luft gefüllten Lungensäcke durchlässiger sind wie die Eingeweide.

Dieselben Versuche wurden mit einer 9 cm dicken knochenfreien

2. Fleischschicht

angestellt.

Ich fand:

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Benoist-Walter	Walter	Schlagweite in cm	Entladene Volt/min		Im Fleisch nicht absorb. Strahlen %
			ohne Fleisch	mit Fleisch	
4	4	6—7	4 568,0	102,0	2,2
5	5	9	2 515,0	124,4	5,0
6	6	14—15	2 473,0	266,0	10,8

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Benoist-Walter	Walter	Schlagweite in cm	Entladene Volt/min		Im Fleisch nicht absorb. Strahlen %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen %
			ohne Fleisch	mit Fleisch		
4	4	6—7	1 220,0	34,4	2,8	0,7
5	5	9	810,0	72,0	8,9	2,9
6	6	14—15	1 165,5	160,8	13,8	6,5

Unter Glasplatte.

Benoist-Walter	Walter	Schlagweite in cm	Entladene Volt/min		Im Fleisch nicht absorb. Strahlen %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen %
			ohne Fleisch	mit Fleisch		
4	4	6—7	418,0	32,4	7,7	0,7
5	5	9	519,0	86,0	16,6	3,4
6	6	14—15	1 038,0	237,7	22,9	9,6

Berechnet man nun unter Voraussetzung eines exponentiellen Absorptionsgesetzes (vgl. Seite 19) die in den einzelnen Centimetern der Fleischschicht absorbierten Strahlen, so erhält man nachfolgende Tabellen. Es sei schon an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die so berechneten Werte mit den später für die einzelnen Wasserschichten beobachteten angenähert übereinstimmen (vgl. Seite 65—67).

Benoist-Walter: 4
Walter: 4
Schlagweite: 6—7 cm.[1])

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.
$\alpha = 0{,}4224$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %
1	65,6	34,4	34,4
2	43,0	22,6	57,0
3	28,2	14,8	71,8
4	18,5	9,7	81,5
5	12,1	6,4	87,9
6	7,9	4,2	92,1
7	5,2	2,7	94,8
8	3,4	1,8	96,6
9	2,2	1,2	97,8

Unter Ziegenleder und Stanniol.
$\alpha = 0{,}3966$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %
0	—	—	—	26,7
1	67,2	32,8	32,8	17,9
2	45,2	22,0	54,8	12,1
3	30,4	15,8	69,6	8.1

1) Vgl. Seite 48—49.

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %
4	20,4	10,0	79,6	5,4
5	13,7	6,7	86,3	3,7
6	9,2	4,5	90,8	2,5
7	6,2	3,0	93,8	1,7
8	4,2	2,0	95,8	1,1
9	2,8	1,4	97,2	0,7

Unter Glasplatte.
$\alpha = 0{,}2842$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %
0	—	—	—	9,2
1	75,3	24,7	24,7	6,9
2	56,7	18,6	43,3	5,2
3	42,6	14,1	57,4	3,9
4	32,1	10,5	67,9	2,9
5	24,2	7,9	75,8	2,2
6	18,2	6,0	81,8	1,7
7	13,7	4,5	86,3	1,3
8	10,3	3,4	89,7	0,9
9	7,7	2,6	92,3	0,7

Benoist-Walter: 5
Walter: 5
Schlagweite: 9 cm.[1])

1) Vgl. Seite 50—52.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

$\alpha = 0{,}3340$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %
1	71,6	28,4	28,4
2	51,3	20,3	48,7
3	36,7	14,6	63,3
4	26,3	10,4	73,7
5	18,8	7,5	81,2
6	13,5	5,3	86,5
7	9,7	3,8	90,3
8	6,9	2,8	93,1
9	5,0	1,9	95,0

Unter Ziegenleder und Stanniol.

$\alpha = 0{,}2690$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %
0	—	—	—	32,2
1	76,4	23,6	23,6	24,6
2	58,4	18,0	41,6	18,8
3	44,6	13,8	55,4	14,4
4	34,1	10,5	65,9	11,0
5	26,1	8,0	73,9	8,4
6	19,9	6,2	80,1	6,4
7	15,2	4,7	84,8	4,9
8	11,6	3,6	88,4	3,7
9	8,9	2,7	91,1	2,9

Unter Glasplatte.
$\alpha = 0{,}1997$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %
0	—	—	—	20,6
1	81,9	18,1	18,1	16,8
2	67,1	14,8	32,9	13,8
3	54,9	12,2	45,1	11,3
4	45,0	9,9	55,0	9,3
5	36,8	8,2	63,2	7,6
6	30,2	6,6	69,8	6,2
7	24,7	5,5	75,3	5,1
8	20,2	4,5	79,8	4,1
9	16,6	3,6	83,4	3,4

Benoist-Walter: 6
Walter: 6
Schlagweite: 14—15 cm.[1])

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.
$\alpha = 0{,}2478$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %
1	78,4	21,6	21,6
2	60,9	17,5	39,1
3	47,5	13,4	52,5
4	37,1	10,4	62,9
5	28,9	8,2	72,1
6	22,6	6,3	77,4
7	17,6	5,0	82,4
8	13,8	3,8	86,2
9	10,8	3,0	89,2

1) Vgl. S. 53—54.

Unter Ziegenleder und Stanniol.
$\alpha = 0{,}2201$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %
0	—	—	—	47,1
1	80,2	19,8	19,8	37,8
2	64,3	15,9	35,7	30,3
3	51,7	12,6	48,3	24,5
4	41,5	10,2	58,5	19,5
5	33,3	8,2	66,7	15,7
6	26,7	6,6	73,3	12,6
7	21,4	5,3	78,6	10,1
8	17,2	4,2	82,8	8,1
9	13,8	3,4	86,2	6,5

Unter Glasplatte.
$\alpha = 0{,}1630$ (aus 9 cm berechnet).

Dicke der Schicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %
0	—	—	—	42,0
1	84,9	15,1	15,1	35,7
2	72,0	12,9	28,0	30,2
3	61,1	10,9	38,9	25,7
4	52,0	9,1	48,0	21,8
5	44,1	7,9	55,9	18,5
6	37,4	6,7	62,6	15,7
7	31,8	5,6	68,2	13,4
8	27,0	4,8	73,0	11,3
9	22,9	4,1	77,1	9,6

Zum Filtrieren der Strahlen eignet sich also unsere Glasplatte besser als die Zusammenstellung von Ziegenleder und Stanniol, wie am deutlichsten bei Benoist-Walter 6 zu ersehen ist.

3. In einer Wasserschicht.

a) Versuche im physikalischen Institut.

Die Entfernung Antikathode—Bleiring, sowie der aufgelegte Bleiring war bei allen Versuchen genau wie vorher (vgl. Seite 39).

Es folgen die Tabellen:

Benoist-Walter: 4; Milliamp.: 0,40
Walter: 4; Amp.: 2,9—3,0
Schlagweite: 6 cm.

Es wurden Volt/min entladen bei einer Wasserschicht von:

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

0 cm	1 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
1 703,0	990,0	667,8	348,0	197,4	134,4	72,0
1 692,0	846,0	726,6	357,6	209,4	128,4	—
1 682,0	—	—	—	—	—	—
Mittel: 1 692,3	918,0	697,2	352,8	203,4	131,4	72,0

Unter 4 Stück Ziegenleder und 6 Stück Stanniol.

0 cm	1 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
455,6	277,2	229,2	114,0	55,2	33,8	21,0
470,4	294,6	225,3	116,4	59,4	33,6	—
478,0	—	—	—	—	—	—
Mittel: 468,0	285,9	227,3	115,2	57,3	33,7	21,0

Unter Glasplatte (5,5 mm Dicke).

0 cm	1 cm	2 cm	4 cm	6 cm	8 cm	10 cm
176,4	142,2	132,9	82,8	43,5	42.0	26,4
229,6	175,2	132,3	89,1	64,5	36,8	—
231,6	—	—	—	—	—	—
Mittel: 212,5	158,7	132,6	86,0	54,0	39,4	26,4

Daraus ergeben sich die nachfolgenden drei Tabellen. Bemerkt sei, dass die α unter Benutzung der Dicken 0—1 cm; 0—2 cm; 0—4 cm u. s. w. gefunden sind. Künftighin werden nur diese letzten drei Tabellen angeführt.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorbierte Strahlen in %	α
1	54,3	45,7	45,7	0.612
2	41,2	13,1	58,8	0,443
4	20,9	20,3	79,1	0,392
6	12,0	8,9	88,0	0,353
8	7,7	4,3	92,3	0,320
10	4,3	3,4	95,7	0,316

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	27,7	—
1	61,1	38,9	38,9	16,9	0,493
2	48,5	12,6	51,5	13,4	0,361
4	24,6	23,9	75,4	6,8	0,350
6	12,3	12,3	87,7	3,4	0,350
8	7,2	5,1	92,8	2,0	0,329
10	4,5	2,7	95,5	1,2	0,310

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—		—	12,5	—
1	74,7	25,3	25,3	9,3	0,292
2	62,4	12,3	37,6	7,8	0,236

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
4	40,5	21,9	59,5	5,1	0,226
6	25,4	15,1	74,6	3,2	0,228
8	18,5	6,9	81,5	2,3	0,211
10	12,4	6,1	87,6	1,6	0,208

Ein Vergleich dieser Tabellen mit den bei derselben Härte unter Fleisch berechneten zeigt grosse Übereinstimmung (vgl. Seite 42—43).

Aus dem in der letzten Spalte zu jedem Werte berechneten α erkennen wir, dass dieses ohne Zwischenmedium noch sehr variabel ist; es nimmt mit der Tiefe der Wasserschicht ab. Hingegen unter Glas sind die Schwankungen schon sehr gering.

Die graphische Darstellung dieser drei Tabellen zeigt Fig. 16.

Benoist-Walter: 4—5; Milliamp.: 0,30—0,32
Walter: 5 ; Amp.: 1,2—1,4
Schlagweite: 9 cm.

Es ergab sich:

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	57,5	42,5	42,5	0,554
2	44,6	12,9	55,4	0,403
4	25,9	18,7	74,1	0,337
6	17,1	8,8	82,9	0,295
8	11,4	5,7	88,6	0,271
10	8,9	2,5	91,1	0,242

Unter Ziegenleder und Stanniol:

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	31,9	—
1	65,2	34,8	34,8	20,8	0,427
2	47,0	12,2	53,0	15,0	0,377
4	27,9	19,1	72,1	8,9	0,319
6	18,7	9,2	81,3	6,0	0,280
8	13,6	5,1	86,4	4,3	0,250
10	9,9	3,7	90,1	3,2	0,232

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	21,3	—
1	73,4	26,6	26,6	15,6	0,307
2	62,1	11,3	37,9	13,2	0,238
4	43,5	18,6	56,5	9,3	0,209
6	32,9	10,6	67,1	7,0	0,185
8	27,8	5,1	72,2	5,9	0,160
10	18,6	9,2	81,4	4,0	0,168

Die graphische Darstellung dieser Versuche findet sich in Fig. 17.

Eine etwas härtere Röhre ergab folgendes:

Benoist-Walter: 5; Milliamp.: 0,40
Walter: 5; Amp.: 3,0
Schlagweite: 9 cm.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	68,9	31,1	31,1	0,372
2	54,5	14,4	45,5	0,303
4	32,5	22,0	67,5	0,281
6	20,7	11,8	79,3	0,263
8	12,7	8,0	87,3	0,258
10	8,9	3,8	91,1	0,242

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	33,3	—
1	73,1	26,9	26,9	24,3	0,314
2	57,9	15,2	42,1	19,3	0,273
4	31,9	26,0	68,1	10,6	0,286
6	21,7	10,2	78,3	7,2	0,255
8	13,9	7,8	86,1	4,6	0,247
10	8,9	5,0	91,1	3,0	0,242

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	23,5	—
1	83,7	16,3	16,3	19,7	0,178
2	74,7	9,0	25,3	17,6	0,146
4	50,2	24,5	49,8	11,8	0,172
6	35,7	14,5	64,3	8,4	0,172
8	25,6	10,1	74,4	6,0	0,170
10	18,1	7,5	81,9	4,3	0,171

Die berechneten α sind nunmehr auch ohne absorbierendes Zwischenmedium schon ziemlich konstant. Auch sei auf die gute Übereinstimmung mit den bei der Fleischschicht berechneten Werten hingewiesen (vgl. Seite 43—45).

Die graphische Darstellung findet sich in Fig. 18.

Benoist-Walter: 5—6; Milliamp.: 0,10—0,13
Walter: 6 ; Amp.: 1,1
Schlagweite: 11 cm.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	68,5	31,5	31,5	0,379
2	52,6	15,9	47,4	0,321
4	31,9	20,7	68,1	0,286
6	22,6	9,3	77,4	0,248
8	14,7	7,9	85,3	0,240
10	10,3	4,4	90,7	0,228

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	34,4	—
1	75,5	24,5	24,5	25,9	0,282
2	60,9	14,6	39,1	20,9	0,248
4	39,1	21,8	60,9	13,4	0,235
6	22,9	16,2	77,1	7,8	0,245
8	17,9	5,0	82,1	6,1	0,215
10	12,4	5,5	87,6	4,2	0,209

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	29,0	—
1	83,8	16,2	16,2	24,3	0,177
2	69,0	14,8	31,0	20,0	0,186
4	53,7	15,3	46,3	15,6	0,156
6	36,7	17,0	63,3	10,6	0,167
8	29,4	7,3	70,6	8,5	0,153
10	19,0	10,4	81,0	5,5	0,166

Graphische Darstellung: Fig. 19.

Wir kommen nun zu Benoist-Walter: 6; Walter: 7 oder 8. Dieser Härtegrad umfasst eine Schlagweite von 12—25 cm. Es reicht daher bei genauen Messungen die Angabe unserer Härteskalen nicht aus, sondern es muss unbedingt die Schlagweite festgestellt werden.

In wie hohem Grade die Absorption der Röntgenstrahlen von der Schlagweite abhängt, mögen die folgenden Tabellen zeigen:

Benoist-Walter: 6 ; Milliamp.: 0,16 – 0,20
Walter: 6 —7; Amp.: 1,2
Schlagweite: 13—14 cm.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	74,1	25,9	25,9	0,300
2	57,3	16,8	42,7	0,279
4	38,3	19,0	61,7	0,240
6	26,0	12,3	74,0	0,225
8	17,4	8,6	82,6	0,219
10	13,3	4,1	86,7	0,202

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	39,8	—
1	77,0	23,0	23,0	30.6	0,261
2	62,2	14,8	37,8	24.8	0,237
4	39,1	23,1	60,9	15,6	0,235
6	26,5	12,6	73,5	10,5	0.222
8	19,6	6,9	80,4	7.8	0,204
10	12,9	6,7	87,1	5.1	0,205

Graphische Darstellung: Fig. 20.

Besonders die unter Leder und Stanniol beobachteten Werte stimmen mit den für Fleisch berechneten gut überein (vgl. Seite 45—46).

Benoist-Walter: 6 ; Milliamp.: 0,18—0,20
Walter: 6—7; Amp.: 2,7—2,8
Schlagweite: 14—15 cm.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	85,9	14,1	14,1	0,153
2	75,5	10,4	24,5	0,141
4	51,2	24,3	48,8	0,166
6	36,5	14,7	63,5	0,168
8	27,2	9,3	72,8	0,163
10	24,6	2,6	75,4	0,140

Die auch schon früher auftretenden niedrigen Anfangswerte der α sind auffallend. Vielleicht finden wir eine Deutung derselben in Sekundärstrahlen, die aus der Wasserschicht selbst stammen.

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	47,0	—
1	86,2	13,8	13,8	40,5	0,149
2	71,3	14,9	28,7	33,5	0,169
4	54,3	17,0	45,7	25,5	0,153
6	38,5	15,8	61,5	18,1	0,159
8	31,2	7,3	68,8	14,7	0,146
10	25,7	5,5	74,3	12,1	0,136

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	45,4	—
1	88,2	11,8	11,8	40,0	0,125
2	74,5	13,7	25,5	33,8	0,147
4	58,9	15,6	41,1	26,7	0,132
6	44,6	14,3	55,4	20,3	0,135
8	35,8	8,8	64,2	16,3	0,128
10	30,7	5,1	69,3	13,9	0,118

Graphische Darstellung: Fig. 21.
Benoist-Walter: 6 ; Milliamp.: 0,15—0,20
Walter: 6—7; Amp.: 2,6—2,8
Schlagweite: 16 cm.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	85,1	14,9	14,9	0,161
2	76,4	8,7	23,6	0,135
4	58,6	17,8	41,4	0,133

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
6	43,5	15,1	56,5	0,139
8	33,4	10,1	66,6	0,137
10	23,3	10,1	76,7	0,146

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	52,4	—
1	88,4	11,6	11,6	46,3	0,124
2	77,7	10,7	22,3	40,7	0,126
4	61,7	16,0	38,3	32,3	0,121
6	45,9	15,8	54,1	24,1	0,130
8	36,7	9,2	63,3	19,2	0,126
10	26,8	9,9	73,2	14,0	0,132

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	50,7	—
1	89,9	10,1	10,1	45,6	0,107
2	82,7	7,2	17,3	41,9	0,095
4	66,9	15,8	33,1	33,9	0,100
6	52,1	14,8	47,9	26,4	0,109
8	40,9	11,2	59,1	20,7	0,112
10	32,3	8,6	67,7	16,4	0,113

Graphische Darstellung: Fig. 22.

Benoist-Walter: 6; Milliamp.: 0,20—0,25
Walter: 7; Amp.: 3,0
Schlagweite: 19 cm.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	91,5	8,5	8,5	0,090
2	81,2	10,3	18,8	0,104
4	59,5	21,7	40,5	0,130
6	49,5	10,0	50,5	0,117
8	38,1	11,4	61,9	0,121
10	29,8	8,3	70,2	0,121

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	61,8	—
1	90,9	9,1	9,1	56,2	0,096
2	78,8	12,1	21,2	48,7	0,119
4	61,3	17,5	38,7	37,9	0,121
6	50,0	11,3	50,0	30,9	0,114
8	40,8	9,2	59,2	25,2	0,112
10	28,2	12,6	71,8	17,4	0,127

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	59,0	—
1	91,9	8,1	8,1	54,2	0,085
2	84,8	7,1	15,2	50,0	0,083
4	67,4	17,4	32,6	39,8	0,099
6	53,3	14,1	46,7	31,4	0,102
8	43,5	9,8	56,5	25,6	0,104
10	36,8	6,7	63,2	21,7	0,100

Benoist-Walter: 6 ; Milliamp.: 0,18—0,20
Walter: 7—8; Amp.: 3,2— 3,4
Schlagweite: 25 cm.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	91,8	8,2	8,2	0,085
2	84,8	7,0	15,2	0,082
4	74,2	10,6	25,8	0,075
6	54,3	19,9	45,7	0,102
8	42,4	11,9	57,6	0,107
10	29,2	13,2	70,8	0,123

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	64,9	—
1	92,2	7,8	7,8	59,8	0,081
2	87,5	4,7	12,5	56,8	0,067
4	71,9	15,6	28,1	46,7	0,082
6	55,7	16,2	44,3	36,3	0,098
8	42,8	12,9	57,2	27,8	0,106
10	32,8	10,0	67,2	21,1	0,111

Unter Glasplatte.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	63,1	—
1	95,7	4,3	4,3	60,4	0,043
2	91,3	4,4	8,7	57,6	0,046
4	75,6	15,7	24,4	47,7	0,070
6	60,5	15,1	39,5	38,1	0,084
8	44,5	16,0	55,5	28,1	0,101
10	35,2	9,3	64,8	22,2	0,104

Graphische Darstellung: Fig. 24.

Bei dieser hohen Schlagweite sind die niederen Anfangswerte der α besonders auffällig. Sie steigen allmählich. Die aus der Wasserschicht selbst stammenden Sekundärstrahlen scheinen mit der Härte der Röhre an Intensität zuzunehmen.

b) Versuche in der Frauenklinik.

Schliesslich seien noch die in der Klinik angestellten Versuche mitgeteilt. Trotz der starken Schwankungen, die auch hierbei sich einstellten, sind die Resultate, abgesehen von kleinen Abweichungen, dieselben. Der aufgelegte Bleiring und seine Entfernung von der Antikathode wurden beibehalten.

Benoist-Walter: 3
Walter: 3—4
Wehnelt: 5

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	41,2	58,8	58,8	0,888
2	18,5	22,7	81,5	0,845
4	4,8	13,7	95,2	0,761
6	2,0	2,8	98,0	0,652
8	1,5	0,5	98,5	0,529

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	17,8	—
1	58,4	41,6	41,6	10,4	0,537
2	27,8	30,6	72,2	5,0	0,639
4	8,9	18,9	91,1	1,6	0,605
6	3,1	5,8	96,9	0,6	0,579
8	1,0	2,1	99,0	0,2	0,571

Unter Glasplatte des Institutes.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	5,0	—
1	56,2	43,8	43,8	2,8	0,576
2	32,3	23,9	67,7	1,6	0,564
4	14,5	17,8	85,5	0,7	0,482
6	4,9	9,6	95,1	0,3	0,502
8	2,8	2,1	97,2	0,1	0,447

Unter Glasplatte der Klinik.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	6,4	—
1	62,0	38,0	38,0	4,0	0,479
2	33,0	29,0	66,0	2,1	0,555
4	12,7	20,3	87,3	0,8	0,516
6	4,9	7,8	95,1	0,3	0,503
8	3,6	1,3	96,4	0,2	0,412

Benoist-Walter: 5
Walter: 5
Wehnelt: 8—9

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	62,5	37,5	37,5	0,470
2	38,8	23,7	61,2	0,473
4	27,5	11,3	72,5	0,323
6	20,9	6,6	79,1	0,262
8	11,5	9,4	88,5	0,271
10	7,9	3,6	92,1	0,254

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	32,9	—
1	56,2	43,8	43,8	18,5	0,578
2	39,3	16,9	61,7	12,9	0,465
4	27,9	11,4	72,1	9,2	0,319
6	21,4	6,5	78,6	7,0	0,257
8	12,2	9,2	87,8	4,0	0,263
10	9,3	2,9	90,7	3,1	0,237

Unter Glasplatte des Institutes.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	22,9	—
1	79,4	20,6	20,6	18,2	0,231
2	56,8	22,6	43,2	13,0	0,283
4	48,3	8,5	51,7	11,1	0,182
6	38,2	10,1	61,8	8,8	0,161
8	23,7	14,5	76,3	5,4	0,180
10	20,0	3,7	80,0	4,6	0,160

Unter Glasplatte der Klinik.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	29,2	—
1	66,3	33,7	33,7	19,4	0,411
2	48,0	18,3	52,0	14,0	0,367
4	42,9	5,1	57,1	12,5	0,211
6	31,0	11,9	69,0	9,0	0,195
8	19,3	11,7	80,7	5,6	0,206
10	14,6	4,7	85,4	4,2	0,193

Benoist-Walter: 6
Walter: 6
Wehnelt: 10—11

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	α
1	83,5	16,5	16,5	0,184
2	64,9	18,6	35,1	0,217
4	46,2	18,7	53,8	0,193
6	37,0	9,2	63,0	0,166
8	26,2	10,8	73,8	0,168
10	18,5	7,7	81,5	0,169

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	30,9	—
1	81,7	18,3	18,3	25,2	0,203
2	77,1	4,6	22,9	23,8	0,130
4	52,1	25,0	47,9	16,1	0,163
6	45,5	6,6	54,5	14,1	0,131
8	37,7	7,8	62,3	11,7	0,122
10	25,0	12,7	75,0	7,7	0,139

Unter Glasplatte des Institutes.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	α
0	—	—	—	30,1	—
1	90,8	9,2	9,2	27,3	0,104
2	77,1	13,7	22,9	23,2	0,130
4	64,5	12,6	35,5	19,4	0,110
6	55,5	9,0	44,5	16,7	0,098
8	45,2	10,3	54,8	13,6	0,100
10	33,9	11,3	66,1	10,2	0,108

Unter Glasplatte der Klinik.

Tiefe der Wasserschicht in cm	Nicht absorb. Strahlen in %	Differenz	Absorb. Strahlen in %	Nicht absorb. Gesamtstrahlen in %	a
0	—	—	—	35,4	—
1	92,6	7,4	7,4	32,7	0,192
2	77,6	15,0	22,4	27,5	0,126
4	65,5	12,1	34,5	23,2	0,100
6	48,8	16,7	51,2	17,3	0,120
8	39,1	9,7	60,9	13,8	0,117
10	30,8	8,3	69,2	10,9	0,118

Zusammenstellung.

Der Übersicht halber seien die bei verschiedenem Härtegrad in einer Wasserschicht von 6—8 cm (etwa der Tiefe der Tumoren entsprechend) nach unmittelbarer Beobachtung absorbierten Strahlen zusammengestellt und zwar nehme ich zuerst an, dass die Strahlen durch eine gewöhnliche Glasplatte filtriert sind.

Die in der 3. Spalte angegebenen Procente beziehen sich auf die durch Glasplatte, bezw. Leder und Stanniol gelangten Strahlen.

Benoist-Walter	Schlagweite cm	In dem Intervall 6—8 cm absorb. Strahlen %
4	6	6,9
5	11	7,3
6	14—15	8,8
6	16	11,2
6	25	16,0

Bildet Ziegenleder und Stanniol das absorbierende Zwischenmedium, so ergibt sich nachstehende Tabelle:

Benoist-Walter	Schlagweite cm	In dem Intervall 6—8 cm absorb. Strahlen %
4	6	5,1
5	11	5,0
6	14—15	7,3
6	16	9,2
6	25	12,9

Nehmen wir nun an, dass in 2 Minuten ein auf der Oberfläche des Körpers aufgelegter Kienböckstreifen eine Einheit zeigt, so gibt die nachfolgende Tabelle die Zeit an, die es bedarf, um dem Krankheitsherde dieselbe Dosis zu erteilen.

Benoist-Walter	Schlagweite cm	Unter gewöhnl. Glas min	Unter Leder und Stanniol min
4	6	29	39
5	11	27	40
6	14—15	23	27
6	16	18	22
6	25	12	16

Damit also das Verfahren zulässig bleibt, müssen Tumoren sehr viel empfindlicher als die Oberhaut sein.

Um zu erkennen, dass die für die einzelnen Centimeter der Fleisch-, resp. Wasserschicht berechneten bezw. beobachteten Werte gut übereinstimmen, sei schliesslich eine Zusammenstellung für die verschiedenen absorbierenden Medien und Härtegrade gegeben. Die angegebenen Procente bedeuten die nicht absorbierten Strahlen. In der ersten Kolonne der Tabellen sind die für Fleisch berechneten Werte angeführt, in der zweiten die für die Wasserschicht beobachteten und schliesslich in der letzten sind sie für Wasser berechnet und zwar aus dem Mittel der für 1 und 10 cm gefundenen α.

Ohne absorbierendes Zwischenmedium.

Benoist-Walter: 4
Walter: 4
Schlagweite: 6—7 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}464$) %
1	65,6	54,3	62,9
2	43,0	41,2	39,5
4	18,5	20,9	15,6
6	7,9	12,0	5,0
8	3,4	7,7	2,5

Benoist-Walter: 5
Walter: 5
Schlagweite: 9 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}307$) %
1	71,6	68,9	73,6
2	51,3	54,5	54,1
4	26,3	32,5	29,3
6	13,5	20,7	15,9
8	6,9	12,7	8,8

Benoist-Walter: 6
Walter: 6
Schlagweite: 14—15 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}251$) %
1	78,4	74,1	77,8
2	60,9	57,3	60,5
4	37,1	38,3	36,6
6	22,6	26,0	22,1
8	13,8	17,4	13,4

Unter Ziegenleder und Stanniol.

Angegeben sind die nicht absorbierten Strahlen, die durch Leder und Stanniol, resp. Glasplatte gelangt sind.

Benoist-Walter: 4
Walter: 4
Schlagweite: 6—7 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}402$) %
1	67,2	61,1	66,7
2	45,2	48,5	44,6
4	20,4	24,6	20,0
6	9,2	12,3	8,8
8	4,2	7,2	4,0

Benoist-Walter: 5
Walter: 5
Schlagweite: 9 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}278$) %
1	76,4	73,1	75,9
2	58,4	57,9	57,3
4	34,1	31,9	32,9
6	19,9	21,7	18,8
8	11,6	13,9	10,8

Benoist-Walter: 6
Walter: 6
Schlagweite: 14—15 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}233$) %
1	80,2	77,0	79,2
2	64,3	62,2	62,8
4	41,5	39,1	39,4
6	26,7	26,5	24,7
8	17,2	19,6	15,5

Unter Glasplatte.

Benoist-Walter: 4
Walter: 4
Schlagweite: 6—7 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}250$) %
1	75,3	74,7	77,9
2	56,7	62,4	60,7
4	32,1	40,5	36,8
6	18,2	25,4	22,3
8	10,3	18,5	13,5

Benoist-Walter: 5
Walter: 5
Schlagweite: 9 cm.

Dicke der Schicht	Fleischschicht %	Wasserschicht	
		beobachtet %	berechnet ($\alpha = 0{,}175$) %
1	81,9	83,7	84,0
2	67,1	74,7	70,5
4	45,0	50,2	49,7
6	30,2	35,7	35,0
8	20,2	25,6	24,7

Diese Tabellen dürften genügen, um die gute Übereinstimmung der auf verschiedenem Wege gefundenen Resultate zu zeigen.

Überblicken wir zum Schluss nochmals die gewonnenen Tabellen, so erkennen wir:

1. Die unter Fleisch berechneten Werte stimmen mit den bei entsprechender Härte der Röhre unter Wasser durch Versuche erhaltenen gut überein.

2. Das Durchdringungsvermögen der Röntgenstrahlen nimmt mit der Härte zu.

3. Es wird durch Filtrieren in geeigneten Zwischenmedien erhöht.

4. Wie die Ergebnisse zeigen, eignen sich hierzu gewöhnliche Glasplatten viel besser als unsere Zusammenstellung von Ziegenleder und Stanniol.

5. Die zu jedem Centimeter unserer Wasserschicht berechneten α beweisen, dass eine Annäherung an das exponentielle Absorptionsgesetz mit zunehmender Härte stattfindet.

6. Für Tiefenbestrahlung empfiehlt es sich daher, nur harte Röhren zu verwenden und die Strahlen durch gewöhnliche Glasplatten zu filtrieren.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden von Oktober 1908 bis Oktober 1909 im Physikalischen Institut und in der Frauenklinik der Universität Halle a. S. ausgeführt.

Es sei mir auch an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Dorn für die freundliche Anregung zu dieser Arbeit und die dauernde, liebenswürdige Unterstützung bei der Ausführung sowie Herrn Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Veit für die Überlassung des Röntgenzimmers und Beschaffung von Hülfsmitteln meinen ergebensten Dank auszusprechen. Schliesslich bin ich den Herren Assistenten Dr. med. Krüger und Dr. med. Becker für ihre freundliche Unterstützung mit Rat und Tat zu Danke verpflichtet.

Lebenslauf.

Ich, Andreas Heinrich Albin Hofmann, bin am 1. März 1887 zu Saalburg a. d. Saale (Reuß j. L.) geboren als Sohn des Hauptlehrers Josef Hofmann in Marktredwitz (Bayern) und seiner Ehefrau Selma geb. Grimm. Ich bin katholischer Konfession und bayrischer Staatsangehörigkeit. Von Ostern 1893 ab besuchte ich zuerst 4 Jahre die Volksschule in Marktredwitz, dann das Stiftsgymnasium zu Zeitz (Prov. Sachsen), das ich Ostern 1906 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um nunmehr an den Universitäten zu München und Halle Physik, Mathematik, Botanik und Zoologie zu studieren. Am 16. Februar 1910 bestand ich die mündliche Doktorprüfung. Während meines Studiums hörte ich die Herren:

in München:

Giesenhagen, Goebel, Hertwig, Preuss, Röntgen, Scherman, Schneider, Voss, v. Weber.

in Halle:

Brandes, Cantor, Dorn, Ebbinghaus †, Fries, Grenacher, Gutzmer, Mez, Taschenberg, Uphues, Wangerin, Wüst.

Alle diese meine verehrten Lehrer mögen meines dauernden Dankes versichert sein.

Fig. 1.

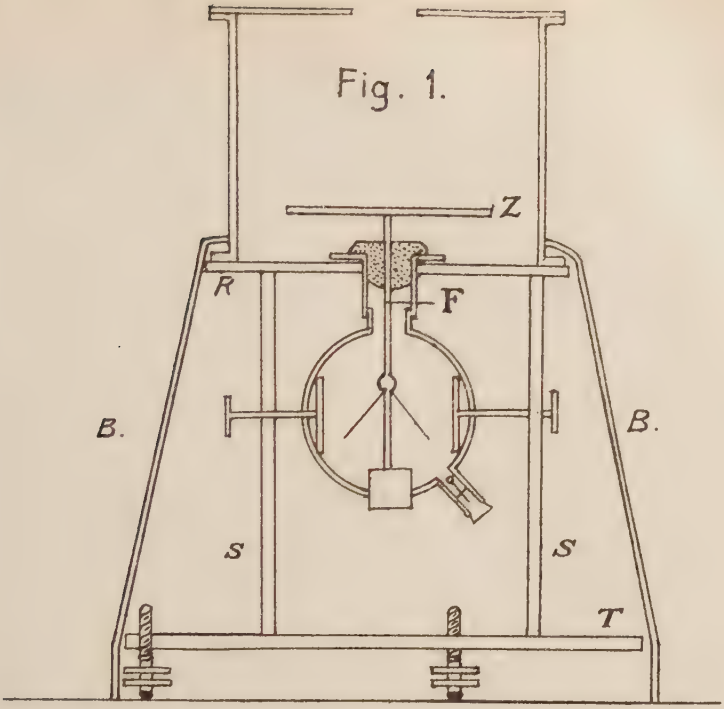


Fig. 2.

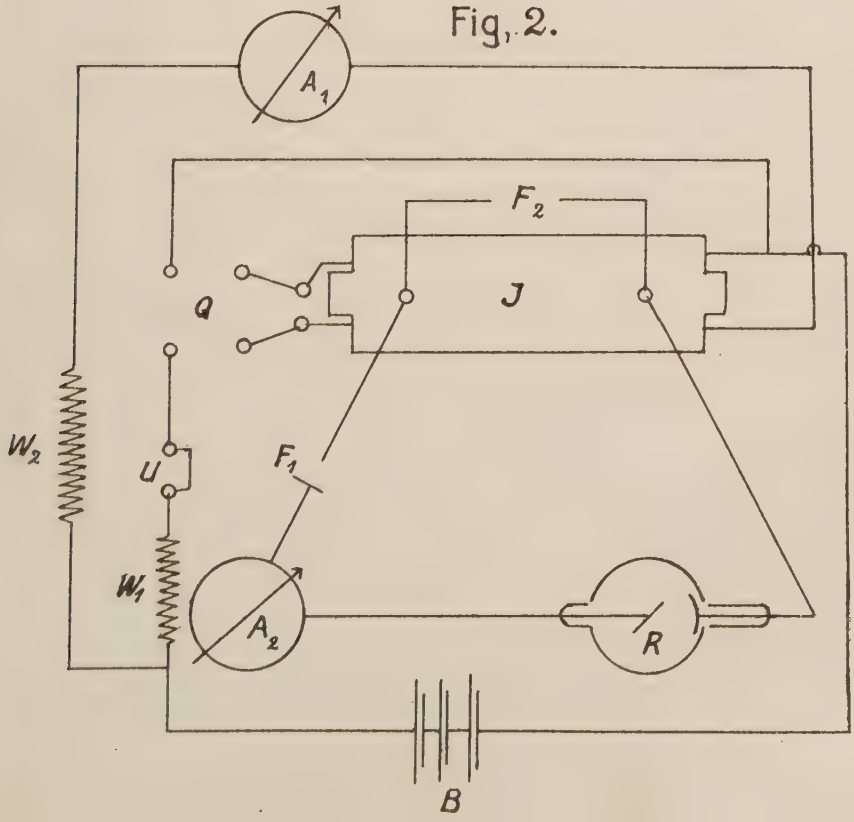


Fig: 3.

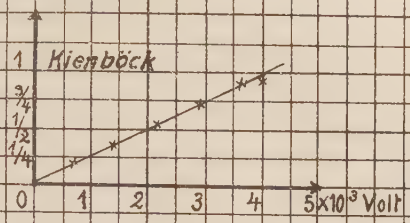


Fig. 4.

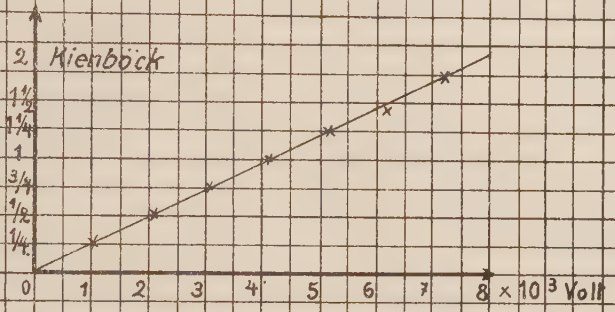


Fig. 5.

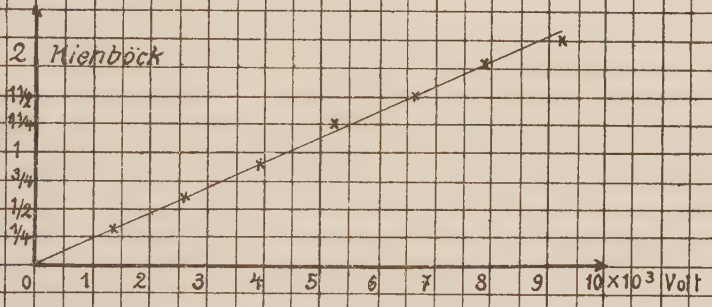


Fig. 6

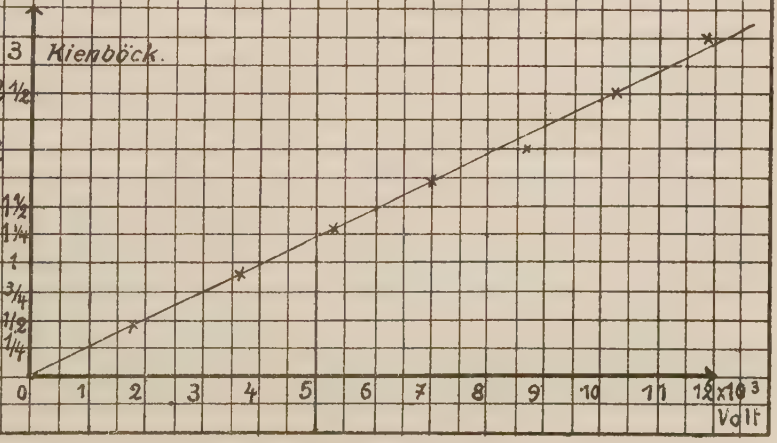


Fig: 7.

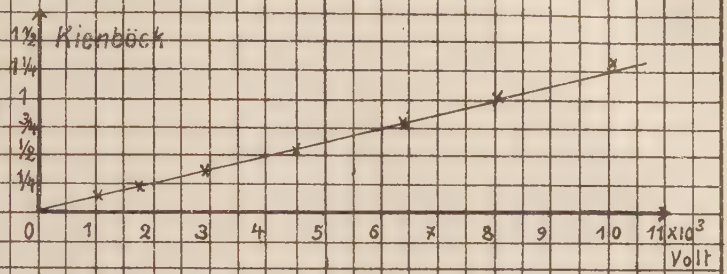


Fig: 8.

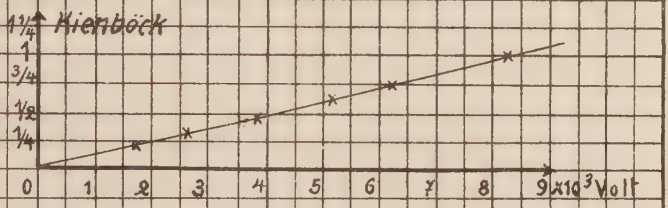


Fig: 9.

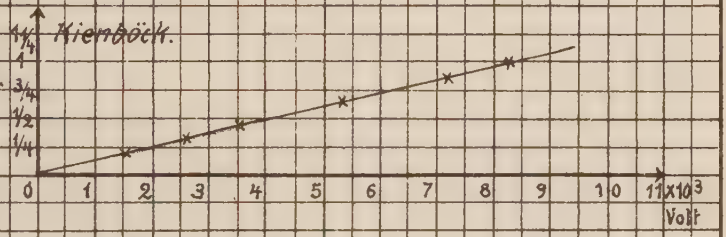


Fig: 10.

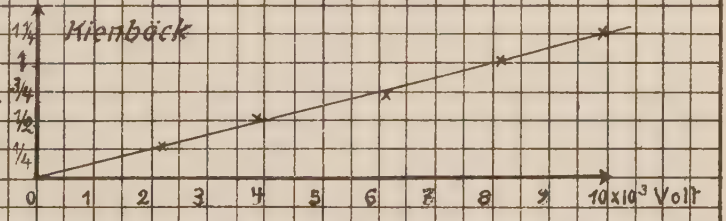


Fig: 11.

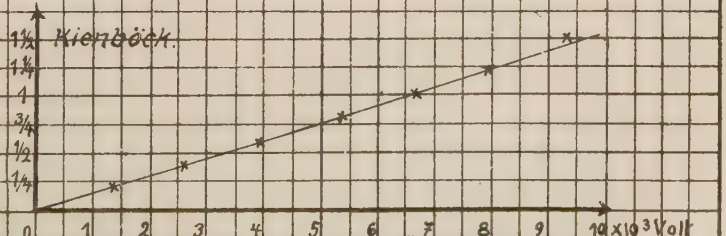


Fig:12

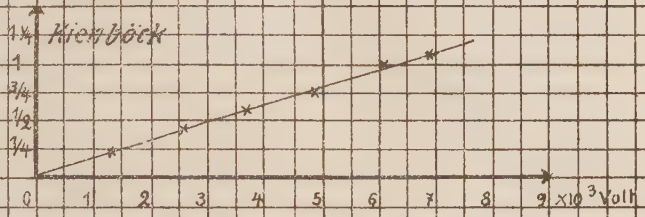


Fig: 13.

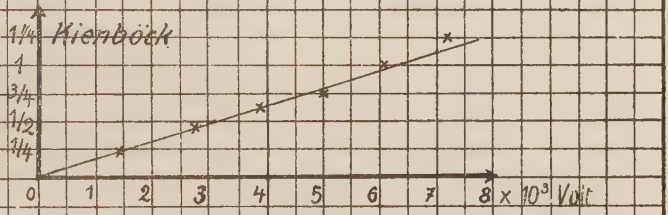


Fig: 14.

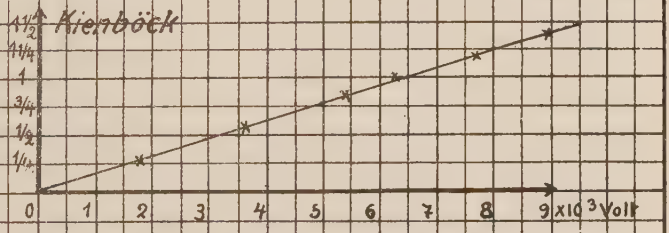
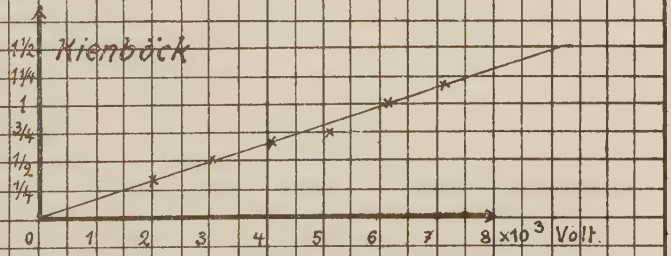
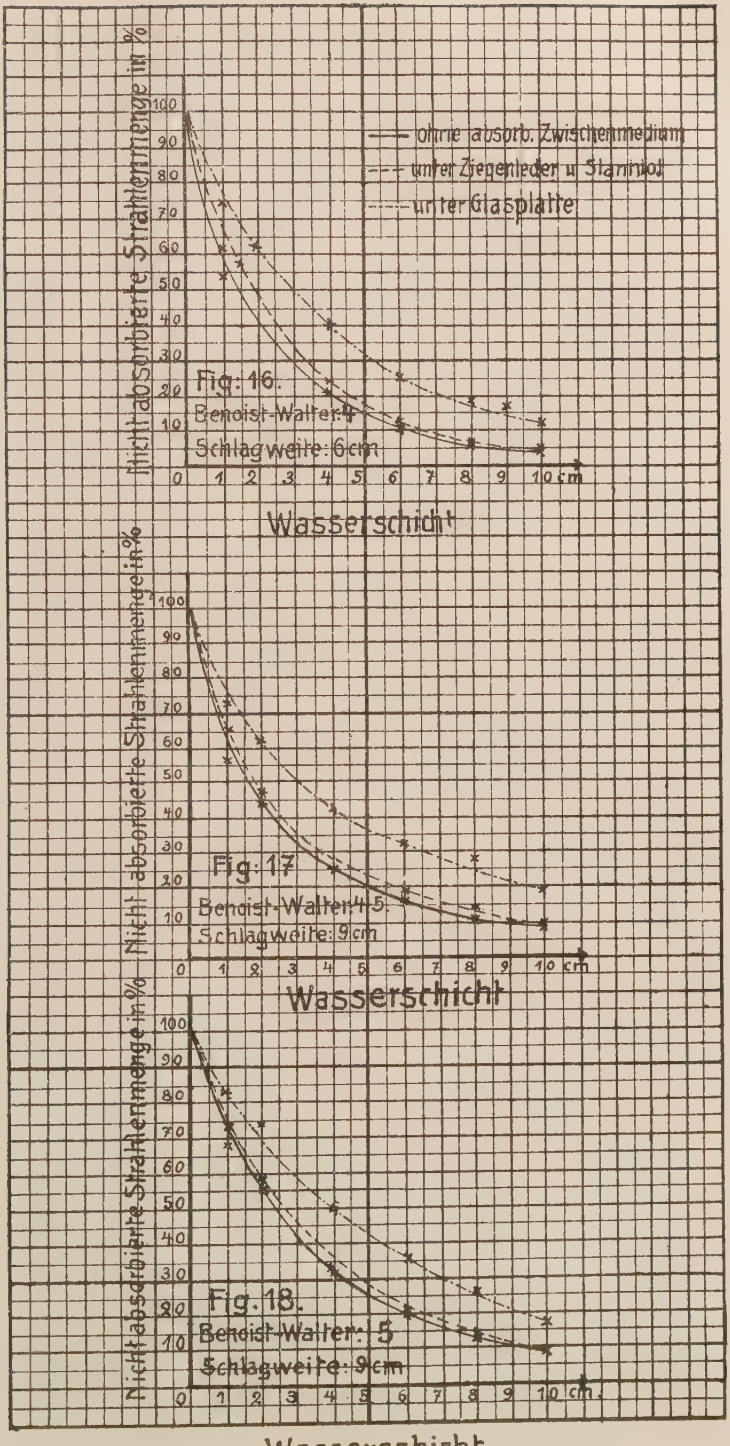
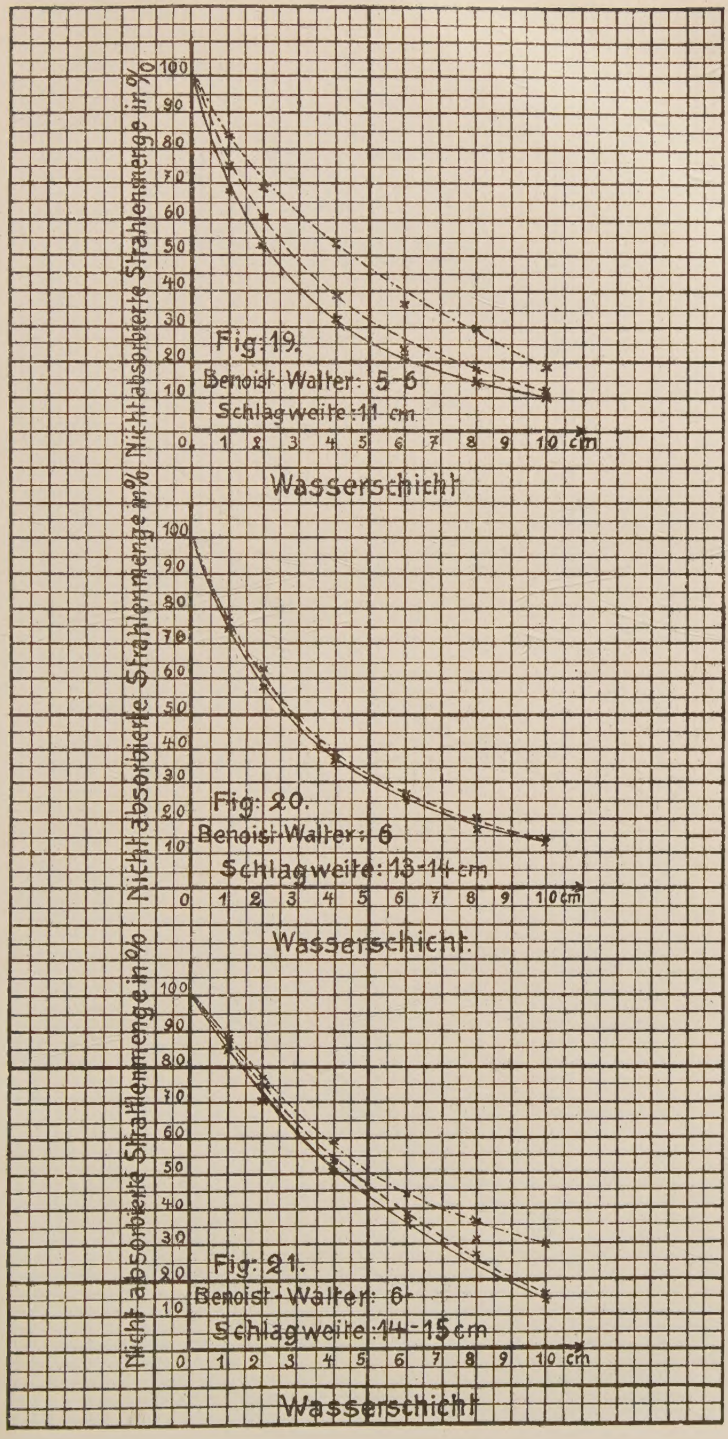
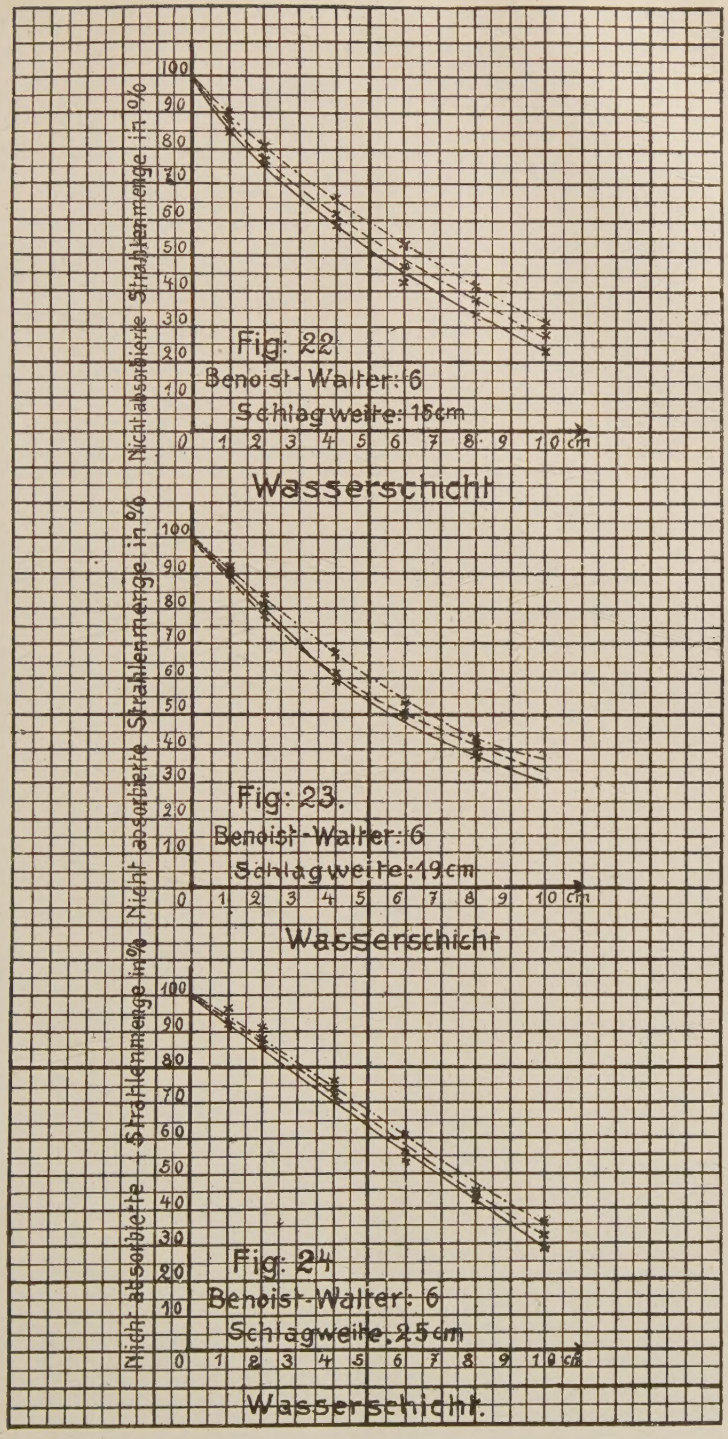


Fig:15.




ohne absorb. Zwischenmedium
unter Ziegenleder u. Stanniol
unter Glasplatte
Nicht absorbierte Strahlenmenge in %
Fig. 16.
Benoist-Walter: 4
Schlagweite: 6 cm
Wasserschicht
Nicht absorbierte Strahlenmenge in %
Fig. 17
Benoist-Walter: 4 5
Schlagweite: 9 cm
Wasserschicht
Nicht absorbierte Strahlenmenge in %
Fig. 18.
Benoist-Walter: 5
Schlagweite: 9 cm
Wasserschicht


Nicht absorbierte Strahlenmenge in %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm
Wasserschicht
Fig: 19.
Benoist-Walter: 5-6
Schlagweite: 11 cm
Fig: 20.
Benoist-Walter: 6
Schlagweite: 13-14 cm
Fig: 21.
Benoist-Walter: 6
Schlagweite: 14-15 cm


Nicht absorbierte Strahlenmenge in %
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 cm
Wasserschicht
Fig: 22
Benoist-Walter: 6
Schlagweite: 15cm
Nicht absorbierte Strahlenmenge in %
Wasserschicht
Fig: 23.
Benoist-Walter: 6
Schlagweite: 19cm
Nicht absorbierte Strahlenmenge in %
Wasserschicht.
Fig: 24
Benoist-Walter: 6
Schlagweite. 25cm